
موجز تاريخ كل شيء

بيل برايسون

موجز تاريخ كل شيء

نقله إلى العربية

أسامة إسبر





حول المؤلف

ولد بيل برايسون في دي موا بولاية آيوا سنة 1951، واستقرّ في إنكلترة في 1977، وعاش سنوات طويلة مع زوجته الإنكليزية وأبنائه الأربعة في نورث يوركشاير، ثم انتقل هو وأسرته إلى أمريكة لبضع سنوات، ولكنه عاد فيما بعد إلى المملكة المتحدة. ألّف كتباً حققت أفضل المبيعات: كتاب (القارة المفقودة)، وكتاب (اللغة الأم)، وكتاب (لا هنا ولا هناك)، و(مذكرات من جزيرة صغيرة)، وكتاب (نزهة في الغابات)، و(مذكرات من بلاد كبيرة)، وكتاب هناك في الأسفل، وألّف أخيراً كتاب (موجز تاريخ كل شيء)، والكتاب الذي حقق أفضل المبيعات، (يوميات إفريقية)، وهو كتاب تم تأليفه لصالح وكالة كير الدولية الخيرية.



تقريظ نقدي لكتاب موجز تاريخ كل شيء

إن برايسون يجعل دراسة العلم تبدو ودية جداً.

نيو ساينتست

أتحدى أن يشعر أي قارئ بالملل أو التعب من صفحة واحدة من محتويات هذا الكتاب. إنه كتاب جدير بالقراءة.

سندي تايمز

حاول تحقيق إنجازه الأكبر حتى الآن، وأظنه نجح.

إيفننغ ستاندارد

شبكة صيد كبيرة مصنوعة بعناية، ومكتوب بوضوح كبير، وبطاقة وحماس.

تايم آوت

يثير الحماس بنحو حقيقي. دليل سفر في تاريخنا الخاص يستحوذ عليك.

آيرش نيوز

رحلة طموحة وصعبة ومنظمة عبر أسس عالمنا.

آيرش تايمز

ألَّف هذا الكتاب بحس فكاهته الذي هو علامته التجارية الخاصة، وهذا هو البلسم التام لكل من يجدون الكتابة العلمية غير قابلة للفهم.

ومن آند هوم

شهادة مؤثرة لدوافع وقوى الفهم.

ديلي تلغراف

أحد أذكى كتب المؤلف ويستحق قراءة جدية.

بالتيمور سن

هناك كثير من اللحظات التي تثير الضحك في هذا الكتاب... لقد ألَّف برايسون مجلداً يضيء... قدَّم لنا كتاباً يمكن أن يوجّه الناس إلى هذا الشيء المثير الذي يُدعى العلم.

الكرستيان ساينس مونيتور

يتحرك بسرعة كأنه عِلمٌ على مزلقة... يثير برايسون إحساساً مستمراً بالتساؤل والدهشة... دقيق بنحو مدهش، موسوعي على نحو متألق وفصيح بنحو ظريف... باختصار، إنه راوٍ موهوب تجرَّأ على أن يروي القصة الأكبر للعالم.

سياتل تايمز

إنه كتاب غني، ممتع. وحين ننتهي منه نشعر بقيمة الوقت الذي أمضيناه في رفقة جيدة.

الأوستراليان

محاولة طموحة لفك شفرة ألغاز الكون بخفة وبمصطلحات عالم.

هيرالد سند (ملبورن)

إن جميع أنواع الأشخاص سيجدون هذا الكتاب ممتعاً ومحفّزاً.

سدني مورنينغ هيرالد

محاولة طموحة لجعل العلم حياً.

ويست أستراليان

ذو أسلوب، قراءته ممتعة، ويتحدث عن كل شيء تقريباً.

أدفرتايزر (أدليد)

في أكثر من خمس مئة صفحة بقليل فعل ما رغب أن يفعله دوماً مدرِّس مادة العلم في المرحلة الثانوية: جعل العلم سهلاً ومسلياً، وذلَّل صعوبته.

نيو زيلاند هيرالد

هنا رجل يستطيع القيام بالمستحيل، ويجعل ما لا يُفهم واضحاً ومركزاً، ويبعث الحياة في الموضوعات الأكثر بلادة كغرفة للثرثرة... كتاب ممتع من البداية إلى النهاية. أشك إن كان هناك كتاب يضاهي هذا الكتاب.

التيمارو هيرالد

يدعونا برايسون إلى عالم مثير مليء بعلماء كثيري التشكّي، ومنمّقين، ومنطوين، وبارعين وخجولين في مقدمة البحث في أزمنتهم... باختصار، إنه يبعث الحياة في العلم، ويجعله ممتعاً وجذاباً لأي إنسان عادي.

الديلي بوست

يصوّر برايسون العلم على أنه نشاط إنساني جداً، ويصور مكتشفاته ونظرياته المحورية على أنها تلهم الروع بنحو حقيقي... هذا الكتاب الأعظم من جميع الأدلة الأخرى يمكن أن يكون الأفضل حتى الآن.

ويكاتو تايمز

كُتب كي يمُتع، وكي لا يخيّب الأمل... ويتدفق كله دون جهد بحس فكاهة برايسون وأسلوبه المعتادين.

أوتاغو ديلي تايمز

برايسون كاتب متألق، ويتوهّج هذا الكتاب بحس الفكاهة والطرافة.

ثاوسلاند تايمز



قال عالم الفيزياء ليو زيلارد Leo Szilard مرة لصديقه هانز بيث عندما كان يفكّر بتأليف يوميات: «لا أريد أن أنشرها. كل ما سأفعله هو تسجيل الحقائق من أجل اطلاع المطَّلع عليها». سأله بيث: «ألا تعتقد أن المطَّلع عليها يعرف الحقائق؟» أجاب زيلارد: «نعم، يعرف الحقائق، ولكنه لا يعرف هذه النسخة من الحقائق».

هانز كريستيان فون باير، ترويض الذرّة



المحتويات

عرفان بالجميل 17

مقدمة 19

الباب الأول: ضائعون في الكون

الفصل الأول: كيف نبني كوناً 29

الفصل الثاني: أهلاً بكم في المنظومة الشمسية 39

الفصل الثالث: كون الموقّر إيفانز 51

الباب الثاني: حجم الأرض

الفصل الرابع: قياس الأشياء 65

الفصل الخامس: كسّارو الحجارة 85

الفصل السادس: التنافس العلمي العنيف 103

الفصل السابع: مسائل عناصريّة 121

الباب الثالث: فجر عصر جديد

الفصل الثامن: كون أينشتاين 139

الفصل التاسع: الذرة الجبارة 159

الفصل العاشر: التخلص من الرصاص 175

الفصل الحادي عشر: كواركات مستر مارك 187

الفصل الثاني عشر: الأرض تتحرك 199

الباب الرابع: كوكب خطر

الفصل الثالث عشر: انفجار! 215

الفصل الرابع عشر: النار في الباطن 235

الفصل الخامس عشر: جمال خطر 253

الباب الخامس: الحياة نفسها

الفصل السادس عشر: كوكب وحيد 269

الفصل السابع عشر: التروبوسفير: الطبقة السفلى من الغلاف الجوي ... 285

الفصل الثامن عشر: البحر المتّسع 301

الفصل التاسع عشر: نشوء الحياة 319

الفصل العشرون: عالم صغير 335

الفصل الواحد والعشرون: الحياة تستمر 355

الفصل الثاني والعشرون: وداعاً لكل هذا 371

الفصل الثالث والعشرون: غنى الوجود 389

الفصل الرابع والعشرون: الخلايا 211

الفصل الخامس والعشرون: فكرة دارون الفذة 421

الفصل السادس والعشرون: مادة الحياة 437

الباب السادس: الطريق إلينا

الفصل السابع والعشرون: الزمن الجليدي 459

الفصل الثامن والعشرون: ثنائي الأقدام الغامض 475

الفصل التاسع والعشرون: القرد الذي لا يهدأ 495

الفصل الثلاثون: وداعاً 511

هوامش 512



عرفان بالجميل

أجلس هنا، في سنة 2003م، وأمامي صفحات من مخطوط، عليها ملحوظات مشجعة ولبقة من (أيان تاترسال)، الذي يعمل في المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي، وهي تشير -بين أشياء أخرى- إلى أن بريجيو perigueux ليست منطقة منتجة للنبيذ، وأنه لأمر مبتكرٌ مني، ويعكس لمسة غير أرثوذكسية أن أؤكد أن التقسيمات التصنيفية هي أعلى من مستوى الجنس والنوع، وأنني أخطأت دوماً في كتابة كلمة أولورجيسيلي (وهو مكان كنت أزوره باستمرار مؤخراً) وإلى ما هنالك في خط مشابه عبر فصلين من نص يغطي مجال تخصصه: البشر الأوائل.

لا أعرف كم توجد من هفوات في هذا الكتاب، ولكن بفضل الدكتور تاترسال وكل الذين سأذكرهم تخلصت من مئات الأخطاء. لا أعرف كيف أشكر بنحو ملائم الذين ساعدوني في التحضير للكتاب. أنا مدين، بخاصة للذين كانوا كرماء ولطيفين وصابرين دوماً، الذين كانوا يجيبون عن سؤال واحد بسيط كُرر بلا نهاية: «أنا آسف، لكن هل تستطيع شرح هذا مرة أخرى؟».

في إنكلترة: ديفد كابلان من د.إمبريال كوليج، لندن؛ رتشارد فورتي، ولين إليس وكاثي وي من متحف التاريخ الطبيعي؛ مارتن راف من يونيفرستي كوليج، لندن؛ روزاليند هاردنغ من مؤسسة الأنثروبولوجيا البيولوجية في أكسفورد؛ الدكتور لورنس سماجي، سابقاً من مؤسسة ويلكوم؛ وكيث بلاكمور من التايمز.

في الولايات المتحدة: إيان تاترسال من متحف التاريخ الطبيعي الأميركي في نيويورك؛ جون ثورستنسن، وماري كي. هدسون وديفد بلانشفلاور من كلية دارتماوث في هانوفر، ونيومهمبشير؛ الدكتور ويليم عبدو، والدكتور برايان مارش من المركز الطبي دارتماوث هتشكوك في لبانون، ونيومهمبشير؛ ري أندرسون وبريان وتزكي من قسم آيوا للمصادر الطبيعية، وآيوا سيتي، ومارك فورهايس من جامعة نبراسكا وآشفل فوسل بدز ستيت بارك قرب أورشارد، ونبراسكا؛ تشك أوفنبرجر من جامعة

بوينا فستا، وستورم ليك، آيوا؛ كين رانكورت، مدير البحث، ومرصد ماونت واشنطن، وجورمهم، ونيومهمبشير؛ بول دوز، عالم الجيولوجيا في يلوستون ناشنال بارك؛ فرانك آسارو من جامعة كاليفورنيا في بيركلي؛ أوليفر بين ولين أديسون من الجمعية الجغرافية الوطنية؛ جيمس أو. فارلو، جامعة إنديانا بوردو؛ روجر ل. لارسون، أستاذ الجيوفيزياء البحرية، جامعة رودآيلاند؛ جيف جوين من صحيفة ستار تلغرام في فورت ورث؛ جيري كاستن من دالاس، تكساس، موظفو الجمعية التاريخية في آيوا في دي موا.

في أستراليا: الموقّر روبرت إيفانز من هيزلبروك، نيو ساوث ويلز؛ الدكتور جيلي كيني، المكتب الأسترالي لعلم الأرصاد الجوية؛ آلن ثورن وفكتوريا بنت من الجامعة القومية الأسترالية في كانبيرا؛ لويس بيرك وجون هاولي من كانبيرا؛ آن ميلن من سدني مورنينغ هيرالد؛ أيان نواك، سابقاً من الجمعية الجيولوجية لغرب أستراالية؛ توماس هـ. ريتش من متحف فكتوريا؛ تيم فلانيري، مدير المتحف الأسترالي الجنوبي في أدليد؛ ناتالي بابورث وآلن مكفادين من الحدائق النباتية الملكية التسمانية، هوبارت؛ والموظفون المساعدون جداً من مكتبة الولاية في نيو ساوث ويلز في سدني.

وفي أمكنة أخرى: سو سوبرفيل، مدير مركز المعلومات في متحف نيوزلندة في ولنغتون؛ والدكتورة إيما مبوا، الدكتور كوين مايس وجيلاني نجالا من متحف كينيا الوطني في نيروبي.

وأنا مدين بنحو عميق ومتنوع لباتريك جانسون سميث وجيرالد هوارد وماريان فيلمانز وأليسون توليت وجيليان سومرسكيل ولاري فنلي وستيف روبن وجيد ماتز وكارول هيتون وتشارلز إليوت وديفد برايسون وفليسيتي برايسون ودان مكلين ونيلك ساوثرن وجيرالد إنجلبرتسين وباتريك كالاجهر ولاري آشميد وموظفو مكتبة هاو في هانوفر، مهمبشير، الذين لا مثيل لهم والمرحون دوماً.

وقبل كل شيء، ودوماً، أقدم شكري الأعمق لزوجتي العزيزة الصابرة التي لا تُضاهى، سنثيا.

مقدمة

أهــلاً بكم. تهانينا. يسرّني أنكم استطعتم فعلها. أعرف أن الوصول إلى هنا ليس بالأمر السهل. والواقع أنه كان أكثر صعوبة بقليل مما أدركتم.

بدايــةً، كي تكونوا هنا كان ينبغي أن تتجمع ترليونات من الذرات المندفعة بطريقة معقدة نوعاً ما، واضطرارية بنحو يثير الاستغراب كي تصنعكم. إنه ترتيب متخصص ومحــدّد، حيــث إنّــه لم يُجرّب مــن قبل أبــداً ولن يوجــد إلا هذه المــرة. وفي كثير من السنــوات الآتيــة (كما نأمل) ستنخرط هــذه الجزيئات البالغة الصغــر، دون شكوى في بلايــين الجهود البارعــة والتعاونية الضرورية لإبقائكــم سليمين، وتركِكم تجربون الحالة المستساغة جداً، ولكن غير المقدّرة عامةً، التي يُطلق عليها اسم الوجود.

أمــا لمــاذا تبذل الــذرات هذا الجهد فهــو لغز؛ فكونــك أنت ليس تجربــة ممتعة على المستــوى الذري؛ فبالرغم مــن كل حرصها وإخلاصها، فإن ذراتــك في الواقع لا تأبه بك ولا تعــرف أنها موجــودة. إنها جزيئات بلا عقل في النهاية، وهي ليست حية. (إنها لفكرة آسرة قليلاً أنه إذا فكّكت نفسك بملقط، وانتزعت ذرة في كل مرة، فإنك ستنتج كومة من الغبار الذري الرائع، لم يكن حياً في السابق ولكن كله كان أنت مرة). مع ذلك، إن الذرات تستجيب في مدة وجودك نوعاً ما، لدافع وحيد صارم: أن تبقيك على ما أنت عليه.

أما الأخبار السيئة فهي أن الذرات متقلّبة وزمن إخلاصها قصير وعابر. إن أطول حيــاة إنسانيــة تصــل إلى 650,000 ساعة فقط. وحين يومض ذلــك المعلم الوقور في مــدى النظر، أو في نقطة أخــرى ما قريبة من ذلك المكان، فــإن ذراتك سوف تقضي عليــك لسبب مجهول، ثم تتفــكك بصمت وتتلاشى؛ كي تصبح أشياء أخرى. وهذا ما سيحدث لك.

مع ذلك، يمكن أن تغتبط من حدوث هذا بأي حال. إذا ما تحدثنا بصورة عامة فإن هــذا لا يحدث في الكــون، كما ما نعرف حتى الآن. وهذا غريب بــلا جدال؛ لأن الذرات

التي تجتمع سوية بحرية وتجانس كي تشكل الأشياء الحية للأرض هي بالضبط الذرات نفسها، التي ترفض فعل ذلك في مكان آخر. ومهما كان الأمر، فإن الحياة على مستوى الكيمياء هي دنيوية بنحو خيالي (فنتازي): كربون، وهيدروجين، وأوكسجين ونتروجين، وقليل من الكالسيوم، ولمسة من الكبريت ورشة خفيفة من عناصر أخرى عادية جداً، ما من شيء لا تجده في أي صيدلية عادية وهذا كل ما تحتاج إليه. والشيء الوحيد الخاص حيال الذرات التي تصنعك هي أنها تصنعك. وهذه هي، (بالطبع)، معجزة الحياة.

وسواء كانت الذرات تصنع الحياة في زوايا أخرى من الكون أم لا، فإنها تصنع كثيراً من الأمور الأخرى؛ وهي في الواقع تصنع كل شيء آخر. فمن دونها لن يكون هناك ماء ولا هواء ولا صخور ولا نجوم ولا كواكب، ولا سحب غازية بعيدة أو سديم يدور مشوشاً، أو أي من الأشياء الأخرى التي تجعل الكون مادياً، هكذا بنحو مستساغ. فالذرات كثيرة وضرورية إلى درجة أننا نهمل بسهولة عدم حاجتها إلى الوجود ألبتة. إذ ليس هناك قانون يقتضي أن يملأ الكون نفسه بجزيئات صغيرة من المادة، كي ينتج الضوء والجاذبية والخواص الأخرى التي يتعلق بها وجودنا. ذلك أنه ليس هناك حاجة لوجود كون ألبتة. ولم تكن هناك حاجة لوجوده لوقت طويل جداً. لم تكن هناك ذرات ولا كون تطوف فيه. لم يكن هناك شيء، لا شيء على الإطلاق في أي مكان.

وهكذا نشكر الله على هذه الذرات. ولكن حقيقة أن لديك ذرات وأنها تتجمّع بطريقة راغبة لا تشكّل إلا جزءاً فحسب مما جاء بك إلى هنا. فأن تكون هنا الآن، وحيّاً في القرن الواحد والعشرين وذكياً بما يكفي كي تعرف الأمر، كان عليك أيضاً أن تكون مستفيداً من خيط فائق للعادة من الحظ البيولوجي الجيد؛ فالحياة على الأرض عمل مخادع وفجائي. إن الجزء الأعظم من بلايين وبلايين الأنواع من الأشياء الحية، التي وجدت منذ فجر الزمن 99.99% منها كما قيل: لم يعد موجوداً. وكما ترون، فإن الحياة على الأرض، ليست وجيزة فحسب وإنما واهية بنحو كريه. وإنها لسمة غريبة في وجودنا أننا جئنا من كوكب جيد جداً في تعزيز الحياة، ولكنه بدفعها إلى الانقراض يكون أفضل.

إن النوع العادي لا يستمر على الأرض إلا نحو أربعة ملايين عام، وهكذا إذا رغبت في أن تكون موجوداً لبلايين الأعوام ينبغي أن تكون متقلباً على غرار الذرات التي صنعتك. يجب أن تكون مستعداً لتغيير كل شيء فيك: الشكل والحجم واللون وروابط النوع، وكل شيء، وأن تفعل ذلك بنحو متكرر. ولكنَّ قول هذا أسهل بكثير من فعله؛ وذلك لأن عملية التغيّر عشوائية. فتحوّلكَ من (كرة ذرية صغيرة بدائية بروتوبلازمية) (كما يعبّر جلبرت وسوليفان) إلى إنسان حديث منتصب عاقل اقتضى منك أن تكتسب سمات جديدة مرة بعد أخرى بطريقة تحدث في الوقت المناسب بدقة لمدة طويلة جداً. وهكذا في مدد متنوعة من الـ 3.8 بليون عام الأخيرة مقتَّ الأوكسجين ثم شغفتُ به، نمتّ لك زعانف وأعضاء أو زعانف تشبه الشراع، وضعت البيض، وضربت الجو بلسان متشعّب، وكنت أملس الشعر، أو عليك فراء، وعشت تحت الأرض، وعشت في الأشجار، وكنت كبيراً كأيِّل وصغيراً كفأر، ومليون شيء آخر. ولو انحرفت انحرافاً ضئيلاً عن أي من هذه الأساسيات التطورية، لكان من المحتمل أنك تلعق الآن الطحالب عن جدران الكهوف، أو تسترخي كالفظّ (حيوان بحري كالفقمة) على الشاطئ الحجري، أو تُخرج الهواء من ثقب في قمة رأسك قبل أن تغوص ستين قدماً من أجل حفنة لذيذة من ديدان الرمال(*).

لم تكن محظوظاً بما يكفي وحسب بأن تكون مرتبطاً منذ الزمن السحيق بخط تطوري مفضل، ولكنك كنت أيضاً محظوظاً بشكل كبير لنقل إعجازي في سلسلة نسبك. فكّر بحقيقة أنه لمدة 3.8 بليون عام – وهي مدة من الزمن أقدم من جبال الأرض وأنهارها ومحيطاتها – كان جميع أسلافك جذابين بما يكفي كي يعثروا على رفيق، يمتلك صحةً جيدةً للتناسل، ومباركاً من القدر والظروف؛ كي يعيش طويلاً كي يفعل ذلك. ذلك أنه لم يُسحق أو يُفترس أو يغرق أو يهلك من الجوع أو لم يجرح قبل الأوان أو يزيغ بطريقة أخرى عن بحثه في الحياة، كي يتمكن من إرسال شحنة صغيرة من المادة الوراثية للشريك الملائم في اللحظة المناسبة؛ ليديم تسلسل المركّبات الوراثية التي يمكن أن تؤدي في النهاية – وبنحو مذهل، وفي وقت وجيز – إليك.

(*) يبدو أن المؤلف هنا يلمح لنظرية النشوء والارتقاء التي لا يقرها علم ولا دين (المراجع).

يتحدث هذا الكتاب عن كيف حدث الأمر، ولا سيما كيف أتينا من هناك، حيث كنا عدماً، إلى هنا حيث نشكل شيئاً ما، ثم كيف أن قليلاً من ذلك الشيء تحوّل وصار نحن، ثم أيضاً بعض ما حدث في غضون ذلك ومنذ ذلك الوقت. هذا كثير على كتاب كي يغطيه، ولهذا كان عنوان الكتاب: «موجز تاريخ كل شيء تقريباً»، بالرغم من أنه ليس كذلك حقاً، ولا يمكن أن يكون. ولكن إذا حالفنا الحظ وأنهيناه يمكن أن يمنح شعوراً بأنه يمكن أن يكون كذلك.

كانت نقطة انطلاقي الخاصة – من أجل هذه الأمور المهمة – مقرراً مدرسياً علمياً كان عندي حين كنت في الصف الرابع أو الخامس. كان الكتاب مقرراً للجميع في الخمسينيات، وكان مكروهاً وكبيراً وثقيلاً على نحو مزعج، ولكن في بدايته كان هناك رسم سحرني فوراً: قطعٌ يُظهر باطن الأرض كما سيبدو إذا قطعت الكوكب بسكين كبيرة، وسحبت بعناية قطعة تمثل نحو ربع حجمه.

من الصعب تصديق أنه كان هناك وقت لم أرَ فيه رسماً كهذا من قبل، ولكن من الواضح أنني لم أشاهده؛ لأنني أذكر بوضوح أنه جعلني أتسمّر. وأعترف، بصدق، أن اهتمامي الأول كان منصباً على صورة خاصة لجداول من سائقي سيارات غير متوقعين، متجهين شرقاً في الولايات السهلية الأميركية، مندفعين على حافة جرف مفاجئ يبلغ ارتفاعه أربعة آلاف ميل يمتد بين أمريكة الوسطى والقطب الشمالي، ولكنَّ انتباهي تحوّل بالتدريج وبطريقة أكثر مدرسية إلى الأهمية العلمية للرسم وإدراك أن الأرض تتألف من طبقات منفصلة، تنتهي في المركز بكرة متوهجة من الحديد والنيكل، وهو حار كسطح الشمس بحسب التعليق على الصورة، وأتذكر أنني فكرت بدهشة حقيقية: (كيف يعرفون هذا؟).

لم أشكّك بصحة المعلومات للحظة، فأنا ما أزال أميل إلى الثقة بأقوال العلماء، كما أثق بالجراحين والمشتغلين بالسمكرة وأصحاب المعلومات المبهمة وذات الامتياز، ولكنني لم أستطع أن أفهم كيف يمكن لأي ذهن بشري أن يعرف كيف يمكن أن تبدو مسافات من آلاف الأميال التي تحتنا، ومن ماذا تُصنع والتي لا يمكن لعين أن تراها أو لأشعة إكس أن تخترقها. كان ذلك بالنسبة لي معجزة فحسب. وكان هذا موقفي من العلم منذ ذلك الحين.

أخذت الكتاب إلى المنزل مهتاجاً، وفتحته قبل العشاء وقد دفع هذا الفعل أمي إلى أن تضع يدها على جبيني، وتسألني إن كنت على ما يرام وبادئاً بالصفحة الأولى، قرأت.

لم أشعر بالإثارة مطلقاً، ولم أفهم أي شيء. فضلاً عن ذلك، لم يجب الكتاب على أي من الأسئلة التي أثارتها الصورة في عقل سويٍّ مُستقصٍ: كيف صارت هناك شمس في باطن كوكبنا، وكيف نعرف كم هي حارة؟ وإذا كانت تشتعل النار في الأسفل فلماذا ليست الأرض التي تحت أقدامنا حارة؟ ولماذا ليست بقية باطن الأرض ذائبة، أم هي ذائبة؟ وحين تحرق النواة نفسها، هل سيسقط بعض الأرض في الفراغ تاركاً ثقباً عميقاً على السطح؟ وكيف تعرف هذا؟ كيف اكتشفت هذا؟

كان المؤلف صامتاً بنحو غريب حيال تفاصيل كهذه، بل كان في الواقع صامتاً حيال كل شيء سوى الطيّات المحدّبة والطيّات المقعّرة والصدوع المحورية وغيرها. وبدا الأمر كأنه يريد أن يبقي المادة الجيدة سرية، جاعلاً منها كلها عصية على السبر. ومع مرور الأعوام، بدأت أشك أن هذا لم يكن كله دافعاً خاصاً. بدا كأن هناك مؤامرة كونية غامضة بين مؤلفي المقررات المدرسية، كي يتأكدوا من أن المادة التي تعاملوا معها يجب ألا تقترب من مملكة ما هو مسلٍّ ومريح، وتظل دوماً عصيةً على الوضوح كما لو أنها مكالمة هاتفية مثيرة من مكان بعيد.

أعرف الآن أن هناك كثيراً من الكتّاب العلميين، الذين يؤلفون النثر الأكثر وضوحاً وإثارة: تيموثي فيريس، ورتشارد فورتي وتيم فلانيري يتشابهون في الأسلوب، ناهيك عن المرحوم العظيم ريتشارد فينمان، ولكن من المثير للحزن أنه لم يؤلف أي منهم أي مقرر مدرسي سبق واستخدمته.

كانت كل مقرراتي من تأليف رجال كانوا دوماً رجالاً يؤمنون بالفكرة الممتعة، التي مفادها أن كل شيء يصير واضحاً إذا عُبّر عنه عبر صيغة، معتقدين بشكل خادع ومسلٍّ بأن أطفال أمريكة سيقدّرون الحصول على فصول تنتهي بمقطع من الأسئلة، التي يستطيعون التفكير بها ملياً في وقتهم الخاص. وهكذا كبرت مقتنعاً بأن العلم بليد جداً، ولكنني شككت بعدم حاجته ليكون هكذا، ولم أفكر مطلقاً إن كنت أستطيع مساعدته. وكان هذا موقفي لوقت طويل.

ثم، في وقت متأخر جداً منذ أربع أو خمس سنوات، على ما أظن كنت في رحلة طويلة فوق المحيط الهادئ، أنظر بكسل من النافذة إلى المحيط الذي ينعكس عليه ضوء القمر، حينها خطر لي بشكل غير مريح أنني أجهل الشيء الأول عن الكوكب الوحيد الذي أعيش فيه. لم تكن لدي فكرة مثلاً، لماذا المحيطات مالحة ولماذا البحيرات الكبرى حلوة. لم أكن أمتلك أدنى فكرة. لم أعرف إن كانت المحيطات تصبح أكثر ملوحة، أو تقل ملوحتها مع مرور الوقت، وإن كانت مستويات ملوحة البحر أمراً ينبغي أن يهمني أم لا. (يسرّني كثيراً أن أخبركم أن العلماء لم يعرفوا الإجابات عن هذه الأسئلة أيضاً حتى أواخر السبعينيات. فأفكارهم غير معروفة جيداً).

كانت ملوحة البحر، (بالطبع) تمثل مجرد ذرة جهلي. لم أكن أعرف ما هو البروتون، أو البروتين، ولم أكن أميّز بين الكوارك* والكوازار (شبه النجم)، لم أفهم كيف يستطيع علماء الجيولوجيا النظر إلى طبقة صخرية في جدار وادٍ ويحددون لك عمرها: لم أكن أعرف أي شيء بالفعل. ووقعت في شباك دافع ملحٍّ هادئ وغير عادي لمعرفة قليل عن هذه المسائل وكي أفهم قبل كل شيء كيف اكتشف الناس هذه الأمور. وبقي هذا بالنسبة لي أعظم حالات الدهشة: كيف يستنتج العلماء الأمور. كيف يعرف أيُّ شخص كم وزن الأرض وعمر صخورها، أو ما الذي هناك في مركزها؟ كيف يستطيعون معرفة (كيف؟ ومتى؟) بدأ الكون وكيف كان يبدو آنذاك؟ كيف يعرفون ما يجري داخل الذرة؟ وكيف يبدو العلماء كأنهم يعرفون غالباً تقريباً كل شيء، ولكنهم مع ذلك غير قادرين على التنبؤ بالزلزال، أو أن يقولوا لنا: إن كان ينبغي أن نأخذ مظلة إلى السباقات يوم الأربعاء القادم؟

وهكذا قررت أن أخصص جزءاً من حياتي وهو ثلاث سنوات، كما تبيّن الآن لقراءة الكتب والمجلات والعثور على خبراء صابرين كالقديسين، مستعدين للإجابة عن كثير من الأسئلة غير المطروحة. وكانت الفكرة أن أرى إن كان من الممكن فهم واستيعاب والإعجاب والاستمتاع، حتى بأعجوبة وإنجازات العلم على مستوى ليس تقنياً جداً أو متطلباً، ولكن ليس سطحياً في الوقت نفسه.

* جسيم دوذريّ افتراضي يُعتقد أنه يكوّن جميع الجسيمات الأولية المعروفة.

كانـت هـذه فكرتي وأملي، وهذا هـدف الكتاب. على أي حال، لدينـا أرض واسعة بحاجة للتغطية، وليس أقل من 650,000 ساعة لفعل ذلك، إذاً، لنبدأ.



الباب الأول

ضائعون في الكون

إنهم جميعاً في الطائرة نفسها. وكلهم يدورون في الاتجاه نفسه... هذا تام، كما تعرفون. هذا فائق الجمال. إنه تقريباً خارق للطبيعة.

عالم الفلك جيوفري مارسي يصف النظام الشمسي

الفصل الأول

كيف نبني كوناً

مهمـا بذلتـم من جهد، فإنكم لـن تتمكنوا أبداً من فهم: «لمـاذا البروتون في غاية الصغر ويشغل حيّزاً متواضعاً»؟ إنه صغير جداً فحسب.

إن البروتـون جـزء متناهـي الصغر من الـذرة التي هي نفسها بالطبـع شيء واهٍ. فالبروتونـات صغـيرة جداً، بحيـث إنّ نقطة حـبر صغيرة كالنقطة التـي على حرف أبجـدي يمكن أن تحتوي على 500,000,000,000 مـن الذرات، أو على أكثر من عدد الثـواني التي تستغرق صناعة نصف مليون عام. وهكذا فإن البروتونات بالغة الصغر بنحو كبير، هذا إذا قلنا أقل شيء.

والآن تخيّلـوا إن استطعتم (وبالطبـع لن تستطيعوا) تقليص أحد هذه البروتونات إلى جـزء من بليون مـن حجمه الطبيعي في مكان صغير يجعـل البروتون يبدو كبيراً. والآن اجمعوا في ذلك المكان الصغير جداً نحو أونصة من المادة. ممتاز! أنتم مستعدون لإطلاق كون.

إنـه لمن الغـرور بالطبع أن ترغبوا ببناء كون تضخّمـي. وإذا فضّلتم بدلاً من ذلك بنـاء كون أكثر قدمـاً، كون عادي ناجم عن الانفجار العظيـم، فإنكم ستحتاجون إلى مواد إضافية. ستحتاجون في الواقع إلى جمع كل ما هو متوافر، كل ذرة أو جزيء أخير مـن المـادة بين هنا، وحافة الخلق وحصره في بقعة متراصـة بشكل متناهي الصغر لا أبعاد لها على الإطلاق. إنها تعرف باسم النقطة المفردة.

في كلتـا الحالتين، استعدوا لانفجار كوني حقيقي. ستتمنّـون أن تنسحبوا إلى مكان آمـن؛ كـي تراقبوا المشهد. ولسوء الحظ، فليس هناك مـكان تنسحبون إليه؛ لأنه خارج هـذه النقطة المفـردة لا يوجد مكان. وحين يبـدأ الكون بالتوسّع، فإنـه لا يكون في حال انتشار لملء فراغ أكبر؛ فالمكان الوحيد الذي يوجد هو المكان الذي يخلقه فيما يتحرك.

مـن الطبيعي، ولكـن من الخطأ تصوّر النقطة المفـردة، بوصفها نوعاً من النقطة الحبلـى المعلقـة في فراغ مظلم بلا حدود. ولكن ليس هنـاك مكان، ليس هناك ظلمة، فالنقطـة المفـردة لا محيط حولها. ليس لهـا مكان تشغله، ولا مـكان لها كي تكون. لا نستطيـع حتى أن نسأل كم كانت هناك، فيمـا إذا كانت قد بزغت إلى الوجود أخيراً، علـى غـرار فكرة جيدة، أو إن كانت هناك إلى الأبد، تنتظـر بهدوء اللحظة المناسبة. فالزمن لا يوجد. فلا ماضي له كي يبزغ منه.

وهكذا، بدأ الكون من عدم.

وفي خفـق مفاجئ يسبـب العمى، في لحظة من المجد سريعة جـداً تعجز اللغة عن التعبـير عنها، تتخـذ النقطة المفردة أبعاداً سماوية، مكاناً خـارج التصور. إن الثانية الحيـة الأولى (وهـي ثانية سيكرّس كثير مـن علماء الكون حياتهـم المهنية لتقسيمها إلى أجـزاء أكثر روعة) تنتـج الجاذبية والقوى الأخرى التي تحكم الفيزياء؛ ففي أقل مـن دقيقـة يصبح عرض الكون أكثر من مليون بليون ميـل وينمو بسرعة. هناك كثير من الحرارة الآن، عشرة بلايين درجة منها، ما يكفي لتشغيل ردود الفعل الذرية التي تخلـق العناصر الأكثر خفـة، وبشكل رئيس الهيدروجين والهليـوم، مع نثرة من (نحو ذرة واحـدة في مئـة مليون) من اللِّيثيوم. وفي ثلاث دقائـق يتشكل 98% من كل المادة الموجـودة أو التـي سيحدث ويتم إنتاجها. لدينا كون. إنـه مكان الاحتمال الأكثر روعة ومدعاة للسرور، وهو جميل أيضاً. وقد أنجز هذا كلّه في الوقت الذي يستغرقه إعداد شطيرة تقريباً.

ولكن موعد حدوث هذه اللحظة مسألة مثيرة للجدل. فقد جادل علماء نشوء الكون طويـلاً في أن كـون لحظة الخلـق، قد حدثت منذ عشرة بلايين سنـة أو أكثر من ذلك بمرتـين أو فيمـا بين ذلك. ويبدو أن الإجماع يتجه إلى رقم هـو نحو 13.7 بليون عام، ولكـن من الصعب قياسـ هذه الأمور كما هو معروف، وكما سـنرى فيما بعد. وكل ما يمكـن أن يقـال حقاً هو إنه في نقطة ما غير محـددة في الماضي البعيد، ولأسباب غير معروفة، جاءت لحظة يسميها العلم $t = 0$. نحن في طريقنا.

ثمة أمور كثيرة نجهلها، كما نجهل كثيراً مما نظن أننا نعرفه، أو اعتقدنا أننا نعرفه لوقت طويل. حتى نظرية الانفجار العظيم* هي نظرية حديثة تماماً. وكانت الفكرة تحاول شق طريقها منذ العشرينيات، حين اقترحها بتردد جورج ليمتر Georges Lemaitre، وهو كاهن وباحث بلجيكي، ولكنها لم تصبح في الحقيقة نظرية فاعلة في الكوزمولوجيا حتى منتصف الستينيات، حين قام اثنان من علماء الفلك الإشعاعي** الشبان باكتشاف فائق للعادة وغير مقصود.

كان اسماهما آرنو بنزياس وروبرت ولسون. وفي عام 1965 كانا يحاولان استخدام هوائي ضخم للاتصالات كانت تملكه مختبرات بيل في هولمودل، ونيوجرسي، ولكن ضايقتهما ضجة من الخلفية، (الصوت الخفي) ثابت متدفق جعل أي عمل تجريبي مستحيلاً. كانت الضجة لا تلين وغير مركزة. كانت تأتي من جميع النقاط في السماء، نهاراً وليلاً، عبر جميع الفصول. وطوال عام فعل عالما الفلك الشابان كل ما كان بمقدورهما التفكير به لتعقب الضجيج والتخلص منه. اختبرا جميع الأنظمة الكهربائية. أعادا بناء الأدوات، وفحصا الدارات، واختبرا الأسلاك، ومسحا الغبار عن القوابس. تسلقا إلى الصحن اللاقط ووضعا شريطاً لقياس الهواء فوق كل برشام وطبقة. تسلقا من جديد إلى الصحن بالمكانس وفراشي التنظيف ونظفاه بعناية مما أشارا إليه في صفحة ثانية بأنه (مادة بيضاء عازلة)، أو مما هو معروف بنحو أكثر شيوعاً بأنه زرق الطيور. لكن محاولاتهما لم تجدِ نفعاً.

كان هناك فريق من العلماء مجهول من قبلهما على بعد نحو 50 كيلومتراً في جامعة برنستون يقوده روبرت ديك، ويعمل من أجل العثور على الشيء ذاته الذي يحاولان جاهدين العثور عليه؛ كي يتخلّصا منه. كان باحثو برنستون يدرسون فكرةً طرحها في الأربعينيات عالم الفيزياء الفلكية المولود في روسية جورج جامو، ومفادها أنه إذا نظرت عميقاً في الفضاء فستجد خلفية إشعاع كونية تركها الانفجار العظيم.

* نظرية تقول: إن الكون نشأ عن انفجار كتلة من ذرات الهيدروجين، وإنه لا يزال يتمدد بفعل هذه القوة، وإنه سوف يتقلّص في نهاية المطاف ليغدو كتلة واحدة، وإن هذه الكتلة الواحدة سوف تعاود الانفجار وهكذا دواليك. المترجم.

** فرع من علم الفلك يعنى بتسجيل ودراسة الموجات اللاسلكية المنبعثة من الفضاء الخارجي. المترجم.

وقـد حسب جامو أنـه في الوقت الذي سيعبر فيه الإشعاع رحابـة الكون، فإنه سيصل إلى الأرض في شكل موجات كهرطيسية. وفي بحث أحدث عهداً اقترح أيضاً أداة يمكن أن تؤدي العمل: هوائي بيل في هولموديل. ولسوء الحظ، لم يقرأ بنزياس ولا ولسون ولا فريق برنستون دراسة جامو.

كان الضجيج الذي سمعه جامو وبنزياس هو الضجيج الذي كان قد سلّم به جامو بالطبـع. لقد اكتشفـا حافة الكون، أو على الأقل الجزء المرئـي منها، على بعد تسعين بليـون تريليـون ميل. كانا يشاهـدان (الفوتونات) الأولى (وحـدات الطاقة الضوئية) الضـوء الأكثر قدمـاً في العالم، بالرغم من أن الزمن والمسافة قد حوّلاها إلى موجات كهرطيسيـة قصـيرة نسبياً، تمامـاً كما تنبأ جامـو. يقدم آلن جـوث في كتابه الكون التضخّمـي، مثـالاً يساعد على توضيح هـذا الاكتشاف. إذا نظـرت إلى أعماق الكون كما تنظر من الطابق المئة لمبنى الإمبايرستيت، مفترضاً أن الطابق المئة يمثل (الآن) ومستوى الشارع يمثّل (لحظة الانفجار الكوني)؛ فالمجرات المكتشفة الأكثر بعداً كانت في وقـت اكتشاف بنزياس وولسـون في الطابق الستين تقريباً، وكانـت الأشياء الأكثر بعـداً الكوازار (النجم الزائـف) في الطابق العشرين. إن اكتشـاف بنزياس وولسون طوّر معرفتنا بالكون المرئي إلى درجة كبيرة.

كان ولسون وبنزياس لا يزالان يجهلان سبب الضجيج، حين اتصلا بالعالم ديل في برنستون، ووصفا له مشكلتهما، آملين إمكانية اقتراح حل. وأدرك ديك حالاً ما اكتشفه الشابان. وقال لزملائه فيما كان يضع السماعة: «حسناً يا فتيان، لقد سبقونا».

نشرت مجلة فيزيكال أسترونومـي (الفيزياء الفلكية) مقالين في الحال: أحدهما بقلـم بنزياس وولسون يصف تجربتهما مـع الهسيس، وآخر أعـده فريق ديك يشرح طبيعته. وبالرغم من أن بنزياس وولسون لم يكونا يبحثان عن إشعاع كوني خلفي، ولم يعرفـا ما هو حـين اكتشفاه، ولم يصفا أو يفسّرا طبيعتـه في أي مقال، فإنهما حصلا علـى جائزة نوبـل في الفيزياء في سنة 1978. لم يحظَ فريـق برنستون إلا بالتعاطف. وكمـا قال دنس أوفرباي في كتـاب القلوب الوحيدة للكون، لم يفهم بنزياس ولا ولسون أهمية ما اكتشفاه إلى أن قرأا عنه في نيويورك تايمز.

بالمناسبة، جرّبنا جميعاً إزعاج الإشعاع الكوني الخلفي. افتح تلفازك على أي محطة لا يتلقاها، وسترى أن 1% من الشّواش الراقص تفسّره البقايا القديمة من الانفجار الكوني. وفي المرة الآتية التي تشكو فيها من أنه لا يوجد شيء على الشاشة، تذكّر أنك تستطيع دوماً أن تشاهد ولادة الكون.

بالرغم من أن الجميع يدعونه بالانفجار الكوني، فإن كثيراً من الكتب تحذّرنا من ألا نفكّر به كانفجار بالمعنى التقليدي. كان توسّعاً سريعاً مفاجئاً على نطاق هائل. لكن، ما الذي سبّبه؟

هناك آراء تقول: إن هذا الشذوذ الفريد ناجم عن انهيار كون سابق، وإن كوننا هو مجرد واحد من دورة أبدية من أكوان تتوسّع وتنهار، على غرار كيس هواء آلة الأوكسجين. ويعزو آخرون الانفجار الكوني إلى ما يسمونه بـ(الفراغ المزيّف) أو (المجال اللاموجّه) أو (طاقة فراغ) وهذه صفة ما أو شيء، على أي حال، أدخل درجة من عدم الاستقرار في العدم الذي كان. يبدو مستحيلاً أنك تستطيع الحصول على شيء ما من لا شيء، ولكن حقيقة أنه كان هناك مرةً كون ويوجد الآن كون برهان واضح على أنك تستطيع ذلك. من المحتمل أن كوننا هو مجرد جزء من أكوان كثيرة أكبر، بعضها له أبعاد مختلفة، وأن الانفجارات الكونية تحدث طوال الوقت في كل أرجاء المكان. أو من المحتمل أن المكان والزمان كان لهما أشكال أخرى قبل الانفجار الكوني: أشكال غريبة جداً بحيث لا نستطيع تصورها، وأن الانفجار الكوني يمثل طور تحوّل من نوع ما، حيث انتقل الكون من شكل لا نستطيع فهمه إلى شكل نستطيع فهمه تقريباً. وقد قال الدكتور أندريه لند Andrei Linde – العالم بالكوزمولوجيا في ستانفورد – لصحيفة نيويورك تايمز في 2001: «إن هذه المسائل قريبة جداً إلى المسائل الدينية».

إن نظرية الانفجار الكوني ليست عن الانفجار نفسه، وإنما عمّا حدث بعد الانفجار. ولكن ليس بعده بوقت طويل. فمن خلال القيام بكثيرٍ من الرياضيات والمراقبة الدقيقة لما يجري في مسرّعات الجسيمات، اعتقد العلماء أنهم يستطيعون أن يركزوا أفكارهم على 10 ثوانٍ بعد لحظة الخلق، حين كان الكون ما

يـزال صغيراً، بحيث إنّك ستكون بحاجة إلى المجهـر للعثور عليه. يجب ألا يثيرنا أي شيء فائق للعادة نراه، ولكن ربما كان الأمر يستحق أن نتمسك بواحد بين وقت وآخـر فقط؛ كي يتـم تذكيرنا بضخامته غير القابلة للفهـم والمذهلة. وهكذا فإن رقم 10 هو 0,0000000000000000000000000000000000000001 أو جزء من واحد من عشرة ملايين ترليون ترليون ترليون من الثانية*.

يعـود الفضـل في معظم ما نعرفـه، أو نعتقد أننـا نعرفه، عن اللحظـات الأولى من الكـون، إلى فكـرة تُدعى نظريـة التضخم كان أول من طرحهـا في سنة 1979 هو عالم فيزيـاء جسيمـات شاب كان آنذاك في ستنافـورد، وهـو الآن في الإم آي تي، يُدعى آلن جـوث. كان عمره اثنين وثلاثين عاماً، وكما أقـرّ، لم يفعل كثيراً أبداً من قبل. وكان من المرجّح ألا يصل إلى نظريته العظيمة لو لم يحضر محاضرة عن الانفجار الكوني ألقاها روبرت ديكي. ألهمت المحاضرة جوث كي يهتم بالكزمولوجيا، وخاصة ولادة الكون.

كانـت النتيجـة النهائية هي نظريـة التضخّم، التي تقول: إنـه في جزء من لحظة بعـد فجر الخلق، خضع الكون لتوسّع درامـي مفاجئ. لقد تضخّم بالنتيجة، مضاعفاً حجمـه في كل 10^{-34} ثانيـة، ربما لم تستمر الحادثة كلها أكثر من 10^{-30} ثانية جزء من مليون مليون مليون مليون من الثانية ولكنها حوّلتِ الكون من شيء تستطيع أن تمسكه بيديـك إلى شيء هو على الأقل أكبر بـ 10,000,000,000,000,000,000,000,000 مـرة. وتشرح نظرية التضخّـم التموّجات والدوّامات التي جعلـت الكون ممكناً. فمن

* ملاحظة عن الترميز العلمي: بما أن الأعداد الضخمة مرهقة للكتابة ومن المستحيل قراءتها تقريباً، يستخدم العلماء قوى اختزال متضمنة (أو مضاعفات) لرقم 10 فيه، على سبيل المثال، 10,000,000,000 يكتب 1010 ويصبح رقم 6,500,000: 6,5 × 106. ويستند المبدأ بنحو بسيط جداً إلى مضاعفات رقم 10: 10 × 10 (أو 100) تصبح 102؛ 10 × 10 × 10 أو (1000) هي 103؛ وإلى ما هنالك، بنحو واضح وبلا نهاية. إن العدد الصغير المرفوع يشير إلى عدد الأصفار التي تتبع العدد الرئيس الأكبر. وتقدم الترميزات السلبية جوهرياً صورة مرآة، بالرقم المرفوع يشير إلى عدد الفراغات التي إلى يمين النقطة العشرية (هكذا 104 تعني 0.0001). وبالرغم من أنني أثني على المبدأ يدهشني أن أي شخص يرى 1.4 × 109 km3 سيرى في الحال أن هذا يشير إلى 1.4 بليون كيلومتر مكعّب، وليس أقل عجباً أنه سيختارون السابق بدلاً من اللاحق في الطباعة (خاصة في كتاب مصمّم للقارئ العام، حيث عثر على المثال). ومفترضاً أن كثيراً من القراء هم غير مختصين بالرياضيات مثلي، نادراً ما سأستخدم الترميز، برغم أنه لا يمكن تجنبه أحياناً، في فصل يتناول أموراً كونية.

دون التضخّـم لن يكـون هنـاك تكتّلات من المادّة وهكذا لـن يكون هنـاك نجوم، وإنما غاز مندفع وظلمة أبدية فحسب.

تقول نظرية جوث: إنه في جزء من عشرة ملايين ترليون ترليون ترليون من الثانية، ظهرت الجاذبية. وبعد فاصل موجز غريب مضحك انضمت إليها الكهرطيسية والقوى الذريـة القوية والضعيفة: مـادة الفيزياء. وقد انضمت إلى هذه بعد لحظة حشود من الجسيمـات البسيطة: مادة المـادة. ومن العدم، ظهرت فجأة حشـود من الفوتونات، والإلكترونـات، والنترونـات وأشياء أخرى كثيرة بين 10^{79} و10^{89} من كل منها، بحسب نظرية الانفجار الكوني العادية.

لا يمكـن استيعـاب كميات كهـذه بالطبع. ويكفـي أن نعرف أنـه في لحظة انفجار واحدة عظيمة وُهبنا كوناً رحباً يبلغ عرضه مئة مليون سنة ضوئية على الأقل؛ بحسب النظريـة، ولكن من الممكن أن يكون الحجم لا متناهياً ومهيئاً بنحو تام لخلق النجوم، والمجرات وأنظمة أخرى معقّدة.

مـا هو فائـق للعادة من وجهة نظرنا هو كيف أن الأمـور سارت بنحو جيد بالنسبة لنـا. فلو أنّ الكون تشـكل على نحو مختلف ولو بشكل ضئيل، لـو كانت الجاذبية أقوى أو أضعـف بنحو ضئيل، لو أنّ التوسّع سبق قليلاً ببطء أكبر أو أسرع لما كان هناك إذاً عناصـر مستقـرة لصناعتك وصناعتي ولصناعة الأرض التـي نقف عليها. فلو كانت الجاذبية أقوى بنحو ضئيل، لكان من الممكن أن ينهار الكون كخيمة مشيدة بنحو سيئ من دون القيم الصحيحة بدقة؛ لمنحها الأبعاد الضرورية والكثافة وأجزاء مكوِّنة. ولو كانت أضعف لما التأم أيّ شيء. لكان بقي الكون إلى الأبد فراغاً بليداً ومبعثراً.

وهـذا أحـد الأسباب التي جعلت الخـبراء يعتقدون أن من المحتمـل أن انفجارات كونيّة أخرى حدثت - ربما ترليونات وترليونات منها - وانتشرت عبر الفسحة الكبيرة للأبديـة، وأن سبب وجودنا في هـذا الكون المحدّد هو أن هذا هو الكون الذي استطعنا أن نوجد فيه. وكما عبّر مرة عن الأمر إدوارد بي. تريون من جامعة كولومبيا: «إجابة عـن سؤال لماذا حدث، أقدم الاقـتراح المتواضع بأن كوننا هو مجرد أحد تلك الأشياء

التـي تحدث بين وقـت وآخر». ويضيف جوث إلى هذا: «بالرغم من أنّ خلقَ كونٍ يمكن أن يكون غير محبّذ، شدّد تريون Tryon أنه ما من أحد أحصى المحاولات االخائبة».

يعتقـد مارتـن ريس عـالم الفلك وعضـو الجمعية الملكيـة في بريطانيـة أن هناك أكوانـاً كثـيرة، في مركّبات مختلفة، ومـن الممكن أن هناك عـدداً لا نهائياً منها، وكل منهـا بمواصفات مختلفة، وأننا فقط نعيش في كون يمـزج الأشياء بطريقة تسمح لنا بالوجـود. يشبّـه الأمر بمخزن ملابس ضخم جـداً: «إذا كان هنـاك مخزون كبير من الألبسـة لـن يفاجئك العثور على بِذّلـة تناسبك. وإذا كانت هنـاك أكوان كثيرة، وكلٌّ تحكمـه مجموعة مختلفة من الأرقام، فسيكون هنـاك واحد حيث توجد مجموعة من الأرقام الملائمة للحياة. ونحن في هذا الواحد».

يؤكـد ريس أن ستة أرقام تحكم كوننا، وأنـه إذا غُيِّرت أي من هذه القيم الأشياء حتـى بشكل ضئيل فإن الأمور لا يمكن أن تبقى كما هي. على سبيل المثال: من أجل أن يوجـد الكـون كما هو الآن يقتضـي أن يتحوّل الهيدروجين إلى هليـوم بطريقة دقيقة، ولكـن ضخمة نسبياً بطريقة تحـوّل سبعة آلاف جزء من كتلته إلى طاقة. اخفض هذه القيمـة قليـلاً مـن 0.07 إلى 0.06%، مثـلاً فلـن يحدث تحـوّل: سيتألّـف الكون من هيدروجـين فقـط. ارفع القيمـة بنحو ضئيـل إلى 0.08 وستكون العلاقـة قوية بحيث يكون الهيدروجين قد استنفد منذ وقت طويل. في كلتا الحالتين، إذا حدث أدنى تعديل للأرقام فإن الكون كما نعرفه ونحتاج إليه أن يكون، لن يكون هنا.

ينبغي أن أقول: إن كل شيء صحيح حتّى الآن. وعلى المدى الطويل، يمكن أن يتكشّف أن الجاذبيـة أقوى بقليل؛ فيوماً ما يمكـن أن توقف الجاذبية توسّع الكون، وتدفعه إلى الانهيار على نفسه، ويتحول إلى نقطة مفردة أخرى، ربما لبدء العملية كلها من جديد. مـن ناحيـة أخرى، إذا كانت الجاذبيـة ضعيفة جداً، فسيواصل الكـون الاندفاع بعيداً إلى الأبـد إلى أن يصبـح كل شـيء منفصلاً، بحيث لا تكون هنـاك فرصة للتفاعلات المادّيـة، ويصبـح الكـون مكاناً واسعاً جـداً، لكنه بليـد وميت. أما الخيـار الثالث فهو أن الجاذبيـة متناغمة بنحـو كامل (الكثافة الحرجة)، هـو المصطلح الذي يستخدمه علمـاء الكوزمولوجيا للتعبير عن ذلك، وأنها ستجعـل الكون متماسكاً تماماً في الأبعاد

الصحيحة كي تسمح للأشياء بأن تتواصل إلى ما لا نهاية. ويدعو علماء الكوزمولوجيا هـذا أحياناً – في لحظات مرحهم – تأثير جولديلوكس (Goldilocks effect)، أي أن كل شـيء صحيح. (تُعرف هذه الأكوان الثلاثة المحتملـة في السجل على التعاقب بأنها مغلقة، ومفتوحة ومسطّحة).

إن المسألـة التـي خطرت لنا جميعاً في نقطة ما: ما الـذي سيحدث لو سافرت إلى حافّـة الكون ونظرت عبر الستائر؟ أين سيكـون رأسك إذا لم يعد في الكون؟ ما الذي ستجـد في المـاوراء؟ إن الإجابة – بنحو مخيّب للأمل – هي أنـك لا تستطيع أن تصل إلى حافّـة الكون أبداً. ليس لأن الوصول إلى هناك سيستغرق وقتاً طويلاً بالرغم من أنـه بالطبـع سيستغرق، ولكـن لأنه حتى لو سافـرت إلى الخارج في خـط مباشر بلا نهايـة وثابـت، فإنك لن تصل أبداً إلى حدّ خارجي. بدلاً من ذلك، ستعود إلى النقطة التـي بـدأت منها (من المفترض أنك ستفقد الشجاعـة لمواصلة التمرين وتتوقف عند هـذه النقطـة). إن السبب في ذلك هو أن الكون ينحنـي، بطريقة لا نستطيع تصوّرها بنحـو صحيح، كما تفيد نظرية النسبية لدى أينشتايـن (التي سنصل إليها في الوقت المناسب). الآن يكفي أن نعرف أننا لسنا هائمين في فقاعة ما ضخمة تتوسّع باستمرار. إن الفضاء ينحني بطريقة تسمح له بأن يكون بلا حدود ومتناهياً. لا يمكن أن يُقال: إن الفضاء يتوسّع لأنه كما يقول عالم الفيزياء الحاصل على جائزة نوبل ستيفن واينبرغ: «إن الأنظمـة الشمسيـة والمجـرّات لا تتوسّع، والفضـاء نفسه لا يتوسّـع». إن المجرات تندفـع منفصلةً. إن الكل هو شيء يتحدّى الحدس. أو، كما قال عالم البيولوجيا جي. بـي. إس. هالدن: «ليس الكون أكثر غرابة مما نفترض فحسب؛ إنه أكثر غرابة مما نستطيع أن نفترض».

إن المثال الذي يُقدّم عادة لشرح انحناء الفضاء هو محاولة تخيّل أحد ما من كون مـن الأسطح المنبسطة، لم يرَ أبداً كرة صـارت أرضاً. مهما تجول على سطح الكوكب فلـن يعـثر أبداً علـى الحافّة. يمكن أن يعـود في النهايـة إلى النقطة التي بـدأ منها، وسيُذهـل بنحو كامل، بحيث لا يستطيع شرح كيـف حدث هذا. حسناً، نحن في الموقع نفسـه في الفضاء على غرار زميلنا المرتبك على الأرض المسطّحة، نحن مذهولون من بُعدٍ أعلى فحسب.

وكما أنه ليس هناك مكان تستطيع العثور فيه على حافة الكون، ليس هناك أيضاً مكان تستطيع أن تقف فيه في المركز وتقول: «هنا بدأ كل شيء. هذه هي النقطة المركزية لكل شيء. نحن جميعاً في مركز كل شيء. وبالفعل، لا نعرف هذا بالتأكيد. لا نستطيع إثباته رياضياً. ويفترض العلماء فقط أننا لا يمكن أن نكون مركز الكون فكّروا ما الذي سينطوي عليه هذا، ولكن الظاهرة ينبغي أن تكون نفسها لجميع الراصدين في جميع الأمكنة.

يتوسّع الكون بالنسبة لنا بقدر ما سافر الضوء طيلة بلايين الأعوام منذ أن شُكّل الكون فحسب. إن هذا الكون المرئي الكون الذي نعرفه ونستطيع التحدث عنه هو بعرض مليون مليون مليون مليون ميل. ولكن - وكما تقول معظم النظريات - إن الكون الكبير الميتاكون، كما يدعى أحياناً ما يزال هائل الاتساع. وبحسب ريس، إن عدد السنوات الضوئية إلى حافة هذا الكون اللامرئي الأكبر لا يُكتب بعشرة أصفار، ولا بمئة وإنما بملايين الأصفار». باختصار، هناك المزيد من الفضاء أكثر مما بوسعك التخيّل قبل تحمّل عبء القيام بتصور ما وراء إضافي.

كان هناك خلل استمر طويلاً في نظرية الانفجار الكوني أزعج كثيراً من الناس، وهو أنها لم تستطع شرح كيف وصلنا إلى هنا. فبالرغم من أن الانفجار الكوني أنشأ 98% من المادة التي توجد، فإن تلك المادة تألّفت حصرياً من غازات خفيفة: الهليوم، والهيدروجين والليثيوم التي ذكرناها سابقاً. لم يظهر أي جسيم من المادة الثقيلة الحيوية لوجودنا الكربون والنتروجين والأوكسجين وكل ما تبقى من الشراب الغازيّ للخلق. ولكن وهنا النقطة المزعجة من أجل توليد هذه العناصر الثقيلة تحتاج إلى نوع الحرارة والطاقة الناجمين عن انفجار كوني. مع ذلك حدث انفجار كوني واحد ولم ينتجها. وهكذا من أين أتت إذاً؟ من اللافت أن الرجل الذي عثر على إجابة السؤال، كان عالم كوزمولوجيا احتقر الانفجار الكوني بوصفها نظرية، ونحت مصطلح الانفجار الكوني بوصفها طريقة للسخرية منه.

سنصل إليه بعد قليل، ولكن قبل ذلك سنعود إلى سؤال كيف وصلنا إلى هنا، ربما يستحق الأمر بضع دقائق للتفكير بماذا يعنيه بالضبط (هنا).

الفصل الثاني

أهلاً بكم في المنظومة الشمسية

يستطيع علماء الفلك في هذه الأيام أن يقوموا بالأمور الأكثر دهشة. إذا أشعل أحد عود ثقاب على القمر فإنهم يستطيعون تحديد مكان اللهب. وعبر الخفقان والارتعاش الأصغر للنجوم البعيدة يستطيعون استنتاج حجم وشخصية، وإمكانية السكن على كواكب بعيدة جداً لا يمكن أن تُرى، بل نحتاج إلى نصف مليون عام؛ كي نصل إليها في مركبة فضائية. يمكنهم أن يشاهدوا بتلسكوباتهم المذياعيّة حزم إشعاع باهتة بنحو منافٍ للعقل، بحيث إنّ الكمية الكلية للطاقة التي جمعوها كلّهم من خارج النظام الشمسي منذ أن بدأ الجمع (في سنة 1951) «هي أقل من طاقة ندفة ثلج واحدة تضرب الأرض»، كما عبّر كارل ساغان.

باختصار، ليست هناك أشياء كثيرة تحدث في الكون لا يستطيع علماء الفلك العثور عليها حين يفكرون فيها. لهذا السبب من اللافت التفكير أنه حتى عام 1978 لم يلاحظ أحد أن لبلوتو قمراً. ففي صيف ذلك العام، كان هناك عالم فلك شاب يُدعى جيمس كريستني – في مرصد لويل في فلاجستاف أريزونا – يقوم بفحص روتيني لصور فوتوغرافية لبلوتو، فشاهد أن هناك شيئاً ما؛ شيئاً باهتاً وغير واضح ولكن من المؤكد أنه شيء آخر غير بلوتو. وحين استشار زميلاً يُدعى روبرت هارنغتون استنتج أن ما كان ينظر إليه هو قمر. كان هذا القمر القريب من الكوكب أكبر قمر في المنظومة الشمسية. كان يشكل شيئاً كالضربة لوضع بلوتو بوصفه كوكبا، الذي لم يكن أبداً وطيداً على أي حال. وبما أنه اعتُقد في السابق أن المكان الذي يحتله القمر والمكان الذي يحتلّه بلوتو هما المكان نفسه، كان هذا يعني أن بلوتو أصغر بكثير مما افترض الجميع: أصغر حتى من عُطارد. والواقع أن هناك سبعة أقمار في المنظومة الشمسية، بما فيه قمرنا، هي أكبر.

الآن، إن السؤال الطبيعي الذي يجب أن يُطرح هو: لماذا استغرق الأمر وقتاً طويلاً بالنسبة للجميع للعثور على قمر في منظومتنا الشمسية؟ والإجابة إن هذه مسألة تتعلق جزئياً بالمكان الذي يوجّه إليه علماء الفلك أدواتهم، وبالمادة التي تُصنع منها هذه الأدوات الراصدة، وبأن هذا الكوكب هو بلوتو فحسب. والسبب الأكبر هو الجهة التي يوجهون إليها أدواتهم. وكما عبّر عالم الفلك كلارك تشامبان: «يعتقد معظم الناس أن علماء الفلك يخرجون في الليل إلى المراصد، ويفحصون السماوات. هذا ليس صحيحاً. إن جميع التلسكوبات في العالم تقريباً مصمّمة للتحديق في قطع صغيرة جداً من سماء بعيدة لرؤية نجم زائف أو فحص الثقوب السوداء أو للنظر إلى مجرّة بعيدة. إن شبكة التلسكوبات الوحيدة الحقيقيّة التي تفحص السماء صمّمها وأنشأها الجيش».

أفسدتنا تأويلات الفنانين، بحيث دفعتنا إلى تخيّل وضوح لأبعاد الصورة غير موجود في علم الفلك الحقيقي. فبلوتو في صورة كريستي باهت ومشوّش قطعة من الضوء الكوني، وقمره ليس الجرم السماوي المصور بنحو واضح والمضاء من الخلف رومانسياً الذي ستراه منشوراً في في مجلة ناشنال جيوغرافيك، وإنما لمحة صغيرة غير واضحة من التشوش الإضافي. هكذا كان التشوش – في الحقيقة – بحيث استغرق الأمر مع العلماء سبع سنوات لتحديد مكان القمر ثانيةً، وهكذا كي يؤكدوا بنحو مستقل وجوده.

كانت إحدى اللمسات الجميلة في اكتشاف كريستي هي أنه حدث في فلاجستاف، فهناك اكتُشف بلوتو في عام 1930 في البداية. ويعود الفضل في هذا الحدث العظيم في علم الفلك إلى عظمة عالم الفلك برسيفال لويل. وهب لويل، الذي جاء من إحدى أعرق وأغنى العائلات في بوسطن العائلة المذكورة في الأنشودة المشهورة عن بوسطن التي هي موطن الفاصولياء وسمك القدّ، حيث كان آل لويل يتحدثون فقط مع آل كابوت المتعصبين دينياً وكانوا مثلهم المرصد الشهير الذي يحمل اسمه، ولكنه يُذكر بشكل دائم من أجل اعتقاده بأن المرّيخ مليء بقنوات شقّها سكانه المجتهدون، من أجل نقل الماء من المناطق القطبية إلى الأراضي الجافة والمنتجة، الأقرب إلى خط الاستواء.

كان اعتقاد لويل الراسخ الآخر أنه كان يوجد في مكان ما وراء نبتون، كوكب تاسع غير مكتشف، أطلق عليه اسم الكوكب إكس. واستند لويل في اعتقاده هذا إلى الحالات

الشاذة التي رصدها في مداري أورانوس ونبتون، وخصّص الأعوام الأخيرة من حياته لمحاولة العثور على العملاق الغازي الذي كان متأكداً من وجوده هناك. ولسوء الحظ، وافته المنية فجأة في عام 1916، بعد أن استنفده بحثه. عُلِّق البحث بينما كان ورثة لويل يتنازعون على أملاكه. على أي حال، في عام 1929، وفي محاولة لصرف الانتباه بعيداً عن حكاية قناة المريخ (التي صارت الآن إحراجاً جدياً) قرر مديرو مرصد لويل استئناف البحث، ووظّفوا من أجل هذه الغاية شاباً من كانساس يُدعى كلايد تومبو.

لم يتلقَّ تومبو تدريباً رسمياً بوصفه عالم فلك، ولكنه كان مجتهداً وذكياً، وبعد بحث صبور استغرق عاماً اكتشف نوعاً ما موقع بلوتو، وكان نقطة ضوء باهتة في سماء متألّقة. كان اكتشافاً إعجازياً، وما جعله أكثر دهشة هو أن عمليات الرصد التي تنبأ على أساسها لويل بوجود كوكب وراء نبتون برهنت أنها غير صحيحة. استطاع تومبو أن يرى في الحال أن الكوكب الجديد لم يكن شيئاً مثل كرة الغاز الضخمة، التي سلّم بها لويل ولكنّ تحفظاته أو تحفظات أي شخص آخر عن شخصية الكوكب الجديد رُميت جانباً في الحال؛ بسبب الاهتياج الذي يرافق تقريباً أي قصة تُحدث دويّاً إعلامياً في تلك السن التي تُثار بسهولة. كان هذا أول كوكب اكتشفه الأميريكيون، ولن تضلل أي شخص فكرة أنه كان في الواقع مجرد نقطة جليدية بعيدة. دُعي بلوتو، على الأقل جزئياً؛ لأن الحرفين الأولين يشكلان علامة ترمز إلى الحرفين الأولين من اسمه واسم أسرته. ولقد أُشيد بلويل بعد وفاته في كل مكان بوصفه عبقريّاً من المرتبة الأولى، ونُسي تومبو بنحو كبير إلا بين علماء الفلك المختصين بالكواكب، الذين يميلون إلى توقيره.

يواصل بعض علماء الفلك الاعتقاد بأنه يمكن أن يكون هناك كوكب إكس في الفضاء الخارجي، شيء ضخم حقيقي، ربما أكبر بعشر مرات من حجم المشتري، ولكنه بعيد، بحيث لا يمكن أن يتبدّى لنا. (سيتلقى قليل من ضوء الشمس، بحيث لن يكون كافياً كي يعكسه). والفكرة هي أنه لن يكون كوكباً تقليدياً على غرار المشتري أو زُحل إنه بعيد جداً بحيث لا يمكن أن يكون مثلهما؛ فنحن نتحدث ربما عن 4,5 ترليون ميل، وإنما سيبدو أكثر كشمس لم تصنعه أبداً. إن معظم المنظومات النجمية في الكون ثنائية (مضاعفة النجوم)، مما يجعل شمسنا المنعزلة شيئاً شاذاً وغريباً.

لا أحـد يعـرف بنحو مؤكد حجم بلوتو أو من ماذا صُنـع، وأي سماء له، أو حتى ما هـو في الواقع. ويعتقد كثـير من علماء الفلك أنه ليس كوكباً على الإطلاق، وإنما فقط الشـيء الأكـبر الذي عُثر عليه حتى الآن في منطقة حطـام مجرّي تُعرف باسم حزام كويبر Kuiper belt. وقد ذكر حزام كويبر في نظرية عالم فلك يُدعى ف.سي. ليونارد في 1930، ولكن الاسم أُطلق على شرف جيرارد كويبر – وهو هولندي يعمل في أمريكة – الـذي وسّع الفكرة. إن حزام كويبر هو مصدر ما يُعرف بالنيازك العابرة تلك التي تسقـط بانتظام التي كان مذنّـب هالي الأكثر شهرة بينها. أمـا النيازك طويلة الأمد والأكـثر عزلة (التي من بينهـا الزائران الأخيران هيل بـوب وهياكوتاكي) فتأتي من سحابة أورت Oort الأكثر بعداً، التي سنستفيض في الحديث عنها حالاً.

مـن المؤكـد أن بلوتو لا يعمل كثـيراً كالكواكب الأخـرى. فهو ليس قزمـاً وغامضاً فحسب، وإنما متنوّع في حركاته أيضاً، بحيث لا أحد يستطيع أن يقول لك: أين سيكون بلوتـو بعد قرن من الآن. وبينما تدور الكواكب الأخرى على المستوى نفسه تقريباً، فإن ممـرّ بلوتـو المداري يميل (كما يحدث) خارج الصـف في زاوية من 17 درجة، كحافة قبّعـة مائلة على نحو خليع على رأس أحدهـم. إن مداره شاذٌّ، بحيث إنّه يكون لأوقات طويلـة في كل مـن دوراتـه الوحيدة حـول الشمس أقـرب إلينا من نبتـون. وفي معظم الثمانينيـات والتسعينيـات، كان نبتون في الحقيقة الكوكب الـذي قُذف إلى أبعد. ولم يعـد بلوتو إلى المجاز الخارجي إلا في 11 شبـاط 1999، كي يبقى هناك طيلة الأعوام المئتين والثمانية والعشرين الآتية.

وهكـذا إذا كان بلوتـو كوكباً، فهو بالتأكيد كوكب غريـب. إنه صغير جداً: لا يشكل إلا ربعـاً مـن 1% من حجم الأرض. فإذا ما وضعتـه فوق الولايات المتحـدة فإنه لن يغطي نصف الولايات الثماني والأربعين السفلى. وهذا وحده يجعله شاذّاً بنحو كبير؛ ممـا يعني أن نظامنا الكوكبي يتألف من أربعة كواكب داخلية صخرية، وأربعة كواكب خارجيـة غازية عملاقة، وكرة جليديـة صغيرة منعزلة. فضلاً عن ذلك، هناك جميع الأسبـاب التـي تدعو لافتراض أننا يمكن أن نبـدأ حالاً بالعثور علـى سماوات أخرى جليديـة أكبر في القسم نفسه من السمـاء. وعندها سنواجه المشكلات. فبعد أن حدّد

كريستي مكان قمر بلوتو، بدأ علماء الفلك ينظرون إلى هذا الجزء من الكون بانتباه أكبر، وفي أوائل كانون الأول 2002 اكتشفوا أكثر من ست مئة من الأشياء العابرة لنبتون أو بلوتينوس كما دُعيت باستمرار. إن أحد هذه الأشياء التي دُعيت فارونا هي بحجم قمر نبتون تقريباً. ويعتقد علماء الفلك الآن أنه يمكن أن يكون هناك بلايين من هذه الأشياء. وتمثّل الصعوبة في أن كثيراً منها مظلمة بنحو مخيف. ولها ألبيد (نصوع) أو انعكاس، ويشبه 4% منها فحسب قطعة من الفحم، وتبعد قطع الفحم هذه أكثر من ستة بلايين عام.

كم هذا بعيد بالضبط؟ إنه تقريباً وراء التصوّر. فالفضاء - كما تعلمون - ضخم جداً. إنه ضخم جداً فحسب. لنتخيّل - لأهداف تثقيفية أو من أجل التسلية - أننا على وشك الذهاب في رحلة في مركبة صاروخية. لن نذهب بعيداً جداً، وإنما إلى حافة منظومتنا الشمسية فحسب. ولكننا يجب أن ننتبه إلى أن الفضاء مكان كبير، ونحن لا نشغلُ منه إلا جزءاً صغيراً.

والآن إليكم الأنباء السيئة، أنا خائف من أننا لن نصل إلى المنزل من أجل العشاء. حتى ولو انطلقنا بسرعة الضوء (300,000 كيلومتر في الثانية) سيستغرق الأمر سبع ساعات للوصول إلى بلوتو. ولكننا لا نستطيع أن نسافر في أي شيء بهذه السرعة. علينا أن ننطلق بسرعة المركبة الفضائية، وهذه المراكب أكثر بطئاً. إن أفضل السرعات التي توصّل إليها حتّى الآن أي اختراع بشري هي سرعة المركبتين الفضائيتين فويجر 1و2، اللتين تطيران الآن بسرعة 56,000 كيلومتر في الساعة.

كان سبب إطلاق مركبة فويجر في آب وأيلول 1977 هو أن المشترى وزحل وأورانوس ونبتون، كانوا متراصفين بطريقة لا تحدث إلا مرة واحدة كل 175 سنة. وقد مكّن هذا مركبتي فويجر من استخدام تقنية (مساعدة جاذبية) قُذفت بواسطتها المركبة بنجاح من كوكب غازي عملاق، إلى الذي يليه في نوع من النسخة الكونية عن التلويح بالسوط. وحتى هكذا، استغرق الوصول إلى أورانوس تسع سنوات واستغرق عبور مدار بلوتو اثنتي عشرة سنة. وكانت الأنباء الطيبة هي أننا إذا انتظرنا حتى كانون الثاني 2006 (الموعد الذي حُدد مؤقتاً لإطلاق مركبة ناسا الفضائية نيو هورايزونز

إلى بلوتو) نستطيع الاستفادة من موقع أفضل للمشترى، ومن بعض التقدم في التكنولوجيا، كي نصل إلى هناك فيما يقارب عقداً، على الرغم من أن العودة إلى الوطن ثانية ستستغرق وقتاً أطول. أنا خائف. في كل الأحوال، ستكون رحلة طويلة.

إن الشيء الأول الذي من المرجّح أن تدركه الآن هو أن الفضاء سُمّي بشكل جيد جداً وهو هادئ بنحو مخيف. إن منظومتنا الشمسية يمكن أن تكون الشيء الأكثر حياة على بعد ترليونات من الأميال، ولكن كل المادة المرئية فيها بما فيه الشمس، والكواكب وأقمارها والصخور البليون المتشقلبة لحزام الكوكيبات، والنيازك أو أنواع الحطام الأخرى المندفعة لا تملأ إلا أقل من جزء من واحد ترليون من الفضاء المتاح. ستدركون بسرعة أيضاً أن لا خريطة من الخرائط التي سبق ورأيتموها للمنظومة الشمسية تعبّر عن الحقيقة. فمعظم الخرائط المدرسية تُظهر الكواكب تتعاقب واحداً بعد الآخر في أوقات منفصلة متجاورة، إن الكواكب العملاقة الخارجية تلقي بالفعل ظلالاً فوق بعضها بعضاً في كثير من الرسوم، لكن هذه خدعة ضرورية لوضعها كلّها على قطعة الورق نفسها. فنبتون في الواقع ليس وراء المشترى، إنما يقع بعيداً في مكان ما وراءه وهو أبعد بخمس مرات عن المشترى من بعد المشترى عنا، وهكذا فهو بعيد في الخارج بحيث إنّه لا يتلقى من ضوء الشمس إلا 3% بقدر ما يتلقى المشتري.

هكذا هي المسافات في الواقع، بحيث إنّه من المستحيل - بأي معنى عملي - رسم المنظومة الشمسية بحسب مقياس. فحتى لو أضفت كثيراً من الصفحات المطوية لمقرراتك المدرسية، أو استخدمت ورقة طويلة من ورق الملصقات، فإنك لن تقترب من رسم دقيق. وفي رسم بياني للمنظومة الشمسية بحسب مقياس مدرّج - يختزل الأرض إلى قطر حبة بازلّاء تقريباً - سيكون المشترى على بعد 300 متر، وسيكون بلوتو على بعد كيلومترين ونصف (وبحجم بكتيريا، بحيث لن تكون قادراً على رؤيته بأي حال). وعلى المقياس نفسه، فإن قنطورس القريب (proxima centauri) نجمنا الأقرب، سيكون على بعد ستة عشر ألف كيلومتر. حتى لو قلّصت كل شيء بحيث إنّ المشترى يصغر كالنقطة، التي في نهاية هذه الجملة - ولا يكون بلوتو أكبر من جزيء - فإن بلوتو سيظل على بعد عشرة أمتار.

إن المنظومة الشمسية هي حقاً ضخمة جداً. ففي الوقت الذي نصل فيه إلى بلوتو، فإننا نكون قد قطعنا مسافة طويلةً، بحيث إنّ الشمس شمسنا العزيزة الدافئة الملوّحة للجلد والمانحة للحياة تتقلّص إلى حجم رأس دبّوس. إنها أصغر من نجم مشع. وفي فراغ وحيد كهذا تستطيعون البدء بفهم كيف أن الأشياء الأكثر أهمية من قمر بلوتو، على سبيل المثال غابت عن الانتباه. في هذا الصدد، بالكاد كان بلوتو وحيداً. فقد اعتُقد أن لنبتون قمرين إلى أن بدأت رحلات فويجر التي عثرت على ستة أقمار أخرى. حين كنت فتى، كان يُعتقد أن المنظومة الشمسية تحتوي على ثلاثين قمراً. أما العدد الكلي الآن فهو تقريباً تسعون، اكتُشف ثلثها تقريباً في السنوات العشر الماضية. والنقطة التي يجب أن نتذكرها طبعاً حين نفكّر بالكون عامةً هي أننا لا نعرف في الواقع ما هو موجود في منظومتنا الشمسية.

إن الشيء الآخر الذي ستلاحظونه الآن ونحن نسرع عبر بلوتو هو أننا نسرع عبر بلوتو. إذا فحصتم خط رحلتكم، فستلاحظون أن هذه رحلة إلى حافة منظومتنا الشمسية، وأخشى أننا لم نصل إلى هناك بعد. وفي الواقع، لا تقترب الرحلة من الانتهاء هناك. لن نصل إلى حافة المنظومة الشمسية إلا بعد أن نعبر سحابة أورت Oort، التي هي مملكة سماوية شاسعة من النيازك المندفعة، ولن نصل إلى سحابة أورت لمدة، أنا آسف حيال هذا عشرة آلاف عام، بعيداً عن تحديد حافة المنظومة الشمسية الخارجية - كما تتضمن تلك الخرائط المدرسية بعجرفة - فإن بلوتو يبعد بصراحة نحو 51 كيلومتراً عن الطريق.

ليس لدينا احتمال للقيام برحلة كهذه بالطبع. إن رحلة 386,000 كيلومتر إلى القمر لا تزال تُعدّ مهمة صعبة جداً علينا. إن رحلة بشرية إلى المريخ، دعا إليها الرئيس بوش الأب في لحظة من الطيش العابر، تم التخلي عنها بصمت حين استنتج أحدهم أنها ستكلّف 450 بليون دولار، وستنتهي على الأرجح بموت الطاقم كله (ذلك أن الـ(DNA) الخاص بهم سيتمزق إلى أشلاء من قبل الجسيمات الشمسية ذات الطاقة العالية، التي لا يمكن أن يتدرّعوا ضدها).

وعلى أساس ما نعرفه الآن وما نستطيع أن نتخيله بنحو عقلاني ليس هناك مطلقاً احتمال، بأن أي كائن بشري يستطيع أن يسافر إلى حافة منظومتنا الشمسية أبداً. إنها بعيدة جداً. ولا نستطيع حتى بتلسكوب هبل أن نرى ما بداخل سحابة أورت، وهكذا لا نستطيع أن نعرف بالفعل أنها هناك. إن وجودها مرجّح ولكنه فرضي بنحو كامل*.

إن كلّ ما يمكن أن يُقال عن سحابة أورت بثقة، هي أنها تبدأ في مكان ما وراء (بلوتو)، وتمتد نحو سنتين ضوئيتين في الكون. إن وحدة القياس الأساسية في المنظومة الشمسية هي الوحدة الفلكية، التي تمثّل المسافة من الشمس إلى الأرض. إن بلوتو على بعد نحو 40 وحدة فلكية منا، ويبعد قلب سحابة أورت نحو خمسين ألف وحدة فلكية. باختصار، إنها بعيدة.

لنتظاهر ثانية أننا وصلنا إلى سحابة أورت. إن الشيء الأول الذي يمكن أن نلاحظه هو كم الجو هادئ هناك. نحن نبعد مسافة طويلة عن أي مكان الآن؛ نبعد كثيراً عن شمسنا بحيث إنّها لا تبدو النجم الأكثر تألقاً في السماء. وإنها لفكرة مهمة أنّ هذا الوميض الصغير البعيد يمتلك ما يكفي من الجاذبية؛ كي يحفظ كل تلك النيازك في مدار. لكنه ليس عقداً قوياً جداً، وهكذا فإن الشهب تندفع بطريقة مهيبة، لا تتحرك إلا ما يقارب 220 ميلاً في الساعة. وبين وقت وآخر يدفع اضطرابٌ طفيفٌ في الجاذبية أو نجم عابر أحد هذه النيازك الوحيدة خارج مداره الطبيعي. وتارة تُدفع النيازك إلى الفراغ الكوني – ولا تُرى ثانية أبداً – ولكنها تسقط تارة أخرى في مدار طويل حول الشمس. تعبر نحو ثلاثة أو أربعة نيازك من هذه في العام – وتُعرف باسم النيازك طويلة الأمد – داخل المنظومة الشمسية الداخلية. أحياناً يصطدم هؤلاء الزوّار الضالون بشيء صلب، كالأرض. ولهذا خرجنا إلى هنا الآن؛ لأن النيزك الذي جئنا لنراه بدأ لتوّه سقوطاً طويلاً نحو مركز المنظومة الشمسية. إنه متوجّه – من بين جميع الأمكنة – إلى مانسون، آيوا. سيستغرق وقتاً طويلاً للوصول إلى هناك ثلاثة أو أربعة ملايين سنة على الأقل وهكذا سنتركه الآن، ونعود إليه فيما بعد.

---

* تدعى بنحو ملائم سحابة أوبيك ـ أورت، وقد سُميت على اسم عالم الفلك الأستوني إرنست أوبك، الذي افترض وجودها في 1932، وعلى اسم عالم الفلك الهولندي جان أورت، الذي صقل الحسابات بعد ثماني عشرة سنة فيما بعد.

هــذا هــو نظامكم الشمسي. مــا الذي يوجد أيضــاً هناك في الخــارج، وراء المنظومة الشمسية؟ حسناً، لا شيء وأشياء كثيرة جداً، وهذا يعتمد على كيفية نظركم إلى الأمر.

إنه لا شيء على المدى القصير. فالفراغ الأكثر كمالاً الذي سبق وخلقه البشر ليس فارغاً كفراغ الفضاء (البينجمّي*). وهناك كثير من هذا الـ(لاشيء) إلى أن تصل إلى القطعة اللاحقة من شيء ما. إن جارنا الأقرب في الكون، قنطورس القريب، الذي هو جزء من عنقود النجوم الثلاثة المعروفة باسم الرجل الجبّار، هو على بعد 4,3 ملايين سنــة ضوئية، وهذا ضخم بالمصطلحات المجريّة، ولكنه ما يزال أبعد بمئة مليون مرة مــن رحلة إلى القمر. سيستغرق الوصول إليه بالمركبة الفضائية خمسة وعشرين ألف سنــة على الأقل، حتى لو قمت بالرحلة فإنك لــن تكون في أي مكان باستثناء مجموعة منعزلــة من النجوم وسط لا مكانٍ شاسع. وكي تصل إلى المعلم المهم الآتي، (الشِّعرى اليمانيّــة) سيستغرق الأمــر 4,6 سنوات ضوئية من السفر. وهكــذا سيكون الأمر إذا حاولــت شق طريقك بين النجــوم عبر الكون. إن الوصــول إلى مركز مجرّتنا فحسب سيستغرق وقتاً أطول مما يستغرقه وجودنا بوصفنا كائنات.

دعوني أكرّر: الفضاء شاسعٌ. إن المسافة العادية بين النجوم التي هناك في الأعلى هــي أكثر من ثلاثين مليون مليون كيلومتر. وحتى بسرعات تقارب سرعة الضوء، فإن هــذه مسافات متحديــة بنحو خيالي لأي فرد مسافر. وبالطبــع، من الممكن أن تسافر المخلوقات الفضائية بلايين الأميال؛ كي تسلّي نفسها بزراعة المحاصيل في ويلتشير أو تبــثّ الذعر في شخص مسكــين في شاحنة بيك آب على طريق مهجورة في أريزونا (لا بدّ أن لديهم مراهقين، في النهاية)، ولا يبدو هذا من غير المرجّح.

تقول الإحصاءات: إن احتمال وجود كائنات مفكّرة أخرى هناك في الخارج قائم. فــلا أحد يعرف عدد النجوم في الطريــق اللّبنية، وتتراوح التقديرات من مئة بليون أو مــا يقارب هذا العدد إلى أربع مئة مليون، والطريق اللبنية هي واحدة فحسب من مئة وأربعــين بليون أو ما يقــارب ذلك من المجرّات، ومعظمها أكــبر من طريقنا. استنبط بروفسور في جامعة كورنيل - يُدعى فرانك دريك - في الستينيات بعد أن أثارته أعداد

* الفضاء الواقع بين نجوم الطريق اللبنية أو بين نجوم المجرّات الأخرى. المترجم.

ضخمة كهذه، معادلةً مشهورةً مصمّمةً لحساب فرص الحياة المتقدمة الموجودة في الكون، على أساس سلسلة من الاحتمالات المتناقصة.

فبحسب معادلة دريك قسم عدد النجوم في بقعة منتقاة من الكون على عدد النجوم، التي من المرجّح أن لها منظومات كوكبية تستطيع نظرياً دعم الحياة؛ قسم هذا على العدد الذي به تتقدم الحياة، وقد نشأت، إلى حالة من الذكاء؛ وهكذا دواليك. لدى كل عملية قسمة كهذه، يتقلّص العدد بنحو كبير. مع ذلك حتى بالمعطيات الأكثر محافظة، فإن عدد الحضارات المتقدمة في الطريق اللبنية يصل دوماً إلى الملايين.

يا لها من فكرة ممتعة ومثيرة! يمكن أن نكون واحدة من الحضارات الملايين المتقدمة. ولسوء الحظ – بما أن الفضاء واسع – فإن معدل المسافة بين اثنتين من أي من تلك الحضارات يُقدّر بأنه على الأقل مئتا سنة ضوئية، الأمر الذي هو أكثر من مجرد القول: إن هذا يجعله معقولاً. هذا يعني – كبداية – أنه حتى لو كانت هذه الكائنات تعرف أننا هنا وقادرة نوعاً ما على رؤيتنا بتلسكوباتها، فإنها تراقب الضوء الذي غادر الأرض منذ مئتي عام. وهكذا فإنها لا تراني ولا تراك. إنها تراقب الثورة الفرنسية وتوماس جفرسون وأشخاصاً يرتدون الجوارب الحريرية والشعور المستعارة المبودرة، أشخاصاً لا يعرفون ما هي الذرة، أو الجينة، الذين يصنعون كهرباءهم بحك قضيب من الكهرمان بقطعة من الفراء، ويعتقدون أن هذه خدعة. إن أي رسالة نتلقّاها من أولئك المراقبين من المرجّح أن تبدأ بـ «عزيزي»، وتهنئنا على جمال أحصنتنا وإتقاننا لاستخراج زيت الحيتان. إن مئتي سنة ضوئية مسافة بعيدة خارج متناولنا.

وهكذا حتى إذا لم نكن فعلاً وحيدين، فإننا وحيدون بجميع المعاني العملية. فقد حسب كارل ساغان عدد الكواكب المرجّحة في الكون بأنها نحو عشرة بلايين ترليون: وهذا عدد خارج التصور بشكل كبير. ولكن ما هو خارج التصور بنحو مساوٍ هو كمية الفضاء، التي تتبعثر فيها هذه الكواكب بخفّة. قال ساغان: «لو أُقحمنا في الكون عشوائياً فإن فرص أن نكون على، أو قرب كوكب ستكون أقل من واحد من بليون ترليون ترليون». أي 10^{33}، أو 1 يأتي بعده 33 صفراً».

ربمــا لهــذا السبب كان قرار الاتحاد الفلكي الــدولي الرسمي في شباط 1999 بأن (بلوتــو) كوكب أنباء جيدة. فالكــون كبير ووحيد. نستطيــع التماشي مع كل الجيران الذين نحصل عليهم.



الفصل الثالث

كون الموقّر إيفانز

حين تصحو السماء ويتألق ضوء القمر، كان الموقّر روبرت إيفانز - الرجل الهادئ والمبتهج - يجرّ تلسكوباً ضخماً إلى السطح الخلفي المُشمس لمنزله في جبال أسترالية الزرقاء، إلى الغرب من سيدني بنحو 80 كيلومتراً، ويقوم بأمر فائق للعادة. ينظر عميقاً في الماضي ويعثر على نجوم ميتة.

إن النظر إلى الماضي هو الجزء الأهم بالطبع. حدّقوا في سماء الليل وسترون التاريخ والغالب منه: (لا النجوم كما هي الآن وإنما كما كانت حين غادرها ضوؤها). إن كل ما نعرفه، هو أن النجم القطبي -رفيقنا المخلص- يمكن أنه احترق في كانون الثاني الماضي أو في 1854 أو في أي وقت منذ أوائل القرن الرابع عشر، لكن هذه الأنباء لم تصل إلينا بعد. إن أفضل ما نستطيع قوله (الذي نستطيع قوله أبداً): إنه كان يحترق في هذا التاريخ منذ 680 عاماً. ذلك أن النجوم تموت طوال الوقت. إن ما يفعله بوب إيفانز بنحو أفضل من أي شخص آخر سبق وحاول ذلك هو تحديد هذه اللحظات من الوداع السماوي.

في النهار، إيفانز قس لطيف وشبه مستقيل في كنيسة أسترالية التوحيدية، يقوم بعمل مؤقت ويبحث في تاريخ الحركات الدينية في القرن التاسع عشر. ولكنه في الليل -وبطريقته المتواضعة- يكون عملاق السماوات. إنه يصطاد المستشعر الفائق*.

يتشكّل المستشعر الفائق حين ينهار كوكب عملاق، أكبر من شمسنا بكثير، ثم ينفجر بنحو هائل مطلقاً في لحظة طاقة مئة بليون شمس، مشتعلاً لمدة بشكل أكثر تألقاً من كل النجوم في مجرته. يقول إيفانز: «إنه كمثل انفجار ترليون قنبلة

* مُستَشعر شديد السطوع يرسل من الضياء أكثر مما ترسله الشمس بما يتراوح ما بين عشرة ملايين مرة ومئة مليون مرة. المترجم.

هيدروجينية في وقت واحد». وإذا ما حدث انفجار المستشعر الضوئي على بعد خمس مئة سنة ضوئية منا، فإننا سنتلاشى، وكما عبّر إيفانز بمرح: إنه (سيحطّم المشهد). ولكن الكون شاسع والمستشعرات الضوئية بعيدة جداً في العادة، بحيث لا تستطيع أن تلحق بنا الأذى. وفي الواقع إن معظمها بعيد بشكل لا يمكن تخيّله بحيث إنّ ضوءها يصل إلينا كوميض باهت. وفي الشهر الذي تكون فيه مرئية، فإن كل ما يميّزها عن النجوم الأخرى في السماء هي أنها تحتل نقطة في الفضاء لم تُشغل من قبل. إنها تلك الثقوب الشاذة - التي تحدث بين مدة وأخرى كثيراً - في القبة المزدحمة لسماء الليل هي التي يكتشفها الموقّر إيفانز.

كي نفهم عظمة هذا العمل، تخيّلوا طاولة عشاء عادية مغطاة بغطاء أسود، وانثروا عليها حفنة من الملح. يمكن أن يُعتقد أن الحبيبات المتناثرة هي مجرة. والآن تخيّلوا ألفاً وخمس مئة طاولة أخرى كالأولى ما يكفي لصناعة طاولة واحدة بطول ميلين، وكل منها عليها كمية من الملح المبعثرة بطريقة عشوائية. والآن أضيفوا حبة ملح واحدة إلى أي طاولة ودعوا بوب إيفانز يسير بينها. في لحظة سيحدد مكان الحبة. إن حبة الملح هذه هي المستشعر الضوئي.

يتمتّع إيفانز بموهبة استثنائية، بحيث إنّ أوليفر ساكس في كتابه (عالم أنثروبولوجيا على المرّيخ)، يخصص له نصاً في فصل عن العلماء المتوحّدين، مضيفاً بسرعة أنه «ليس هناك اقتراح بأنه متوحّد». أما إيفانز الذي لم يلتق بساكس، فقد سخر من القول بأنه يمكن أن يكون إما متوحّداً أو عالماً، لكنه لم يمتلك مقدرة كي يشرح تماماً من أين أتت موهبته.

«أبدو كأنني أمتلك موهبة لحفظ مسارات النجوم فحسب»، هذا ما أخبرني به بنظرة اعتذار صريحة حين زرته هو وزوجته إيلين في كوخهما الذي يشبه صورة كوخ في كتاب، الذي يقع على حافة هادئة لقرية هيزلبروك، في الخارج حيث تنتهي سيدني، ويبدأ الدغل الأسترالي الذي لا حدود له. أضاف: «لست جيداً في أمور أخرى. ولا أذكر الأسماء جيداً».

«ولا أين يضع الأشياء»، أضافت إيلين من المطبخ. هزّ رأسه بصراحة وابتسم، وسألني إن كنت أحب أن أشاهد التلسكوب؟ توقّعت أن يكون لدى إيفانز تلسكوب ملائم في فنائه الخلفي نسخة مصغّرة من جبل ولسون أو بالومار، بسقف مقوس كالقبة وبكرسي آلي جيد للمناورة. لكنه لم يقدني إلى الخارج وإنما إلى مخزن مكتظ بعيد عن المطبخ حيث يحفظ كتبه وأوراقه وتلسكوبه في أسطوانة بيضاء تشبه خزّاناً منزلياً للماء الساخن، وتعادله في الحجم الذي يتوضع على حامل متنقّل من خشب المعاكس قام بصناعته. حين يرغب بالرصد - ينقله في رحلتين - إلى سطح مُشمس بعيد عن المطبخ. وبين الجزء المتدلي من السقف والقمم الريشية لأشجار اليوكالبتوس التي تنمو في المنحدر في الأسفل، يمتلك فقط مجالاً لرؤية السماء بحجم صندوق البريد، ولكنه يقول: إنه أكثر من جيد لأهدافه. وهناك - حين تصفو السماء ويخف بريق القمر - يعثر على مستشعره الضوئي.

نحتَ مصطلح (المستشعر الضوئي) في الثلاثينيات عالم فيزياء فلكية غريب ومشهور يُدعى (فريتز زويكي)، وُلد في بلغاريا ونشأ في سويسرا، ثم جاء إلى مؤسسة كاليفورنيا للتكنولوجيا في العشرينيات وهناك برز على الفور بشخصيته المثيرة للسخط ومواهبه الشاذّة. لم يكن يبدو متألقاً، وعدّه كثيرون من زملائه مجرد (مهرّج مزعج). كان متعصّباً لكمال الأجسام، وكان يرتمي في غالب الأحيان على أرضية صالة العشاء في كالتيك أو في منطقة عامة أخرى، ويقوم بتمارين الدفع الصاعد بذراع واحدة؛ كي يُظهر رجولته لأي شخص يبدو أنه يميل إلى الشك بها. كان عدوانياً بنحو مشهور، وصار سلوكه في النهاية مخيفاً، بحيث إنّ معاونه الخاص - وهو رجل لطيف يُدعى والتر بادي - رفض أن يُترك وحده معه. وبين أمور أخرى، اتهم زويكي بادي - الذي كان ألمانياً - بأنه نازي، بالرغم من أنه لم يكن كذلك. وفي مناسبة واحدة على الأقل، هدّد زويكي بقتل بادي، الذي كان يعمل في أعلى الهضبة في مرصد ولسون - إذا رآه في حرم كالتيك.

كان زويكي يمتلك ذكاء عميقاً ومدهشاً. ركّز انتباهه في أوائل الثلاثينيات على مسألة أزعجت علماء الفلك طويلاً: الظهور بين فينة وأخرى لنقاط ضوئية غير قابلة للشرح، نجوم جديدة. تساءل إن كان النيوترون الجُزيء الدُوذرّي، الذي كان قد

اكتشفه لتوّه في إنكلترة جيمس تشادويك، وكان جديداً وذائع الصيت يمكن أن يكون في قلب الأشياء. وخطر له أنه إذا انهار النجم وتحطّم إلى أنواع الكثافة التي توجد في قلب الذرة، فإن النتيجة ستكون جوهراً متراصّاً بشكل لا يمكن تخيله. إن الذرات ستُسحق معاً، وتُجبر إلكتروناتها على الدخول في النواة التي تشكّل النيترونات. ستكون النتيجة نجماً نيترونياً. تخيّلوا مليون قذيفة مدفع ثقيلة الوزن تُضغط إلى حجم كرة رخامية، بالرغم من أن هذا لا يعبر عن الأمر بشكل كامل. سيكون لبّ النجم النيتروني كثيفاً جداً، بحيث إنّ ملعقة من المادة منه ستزن 90 بليون كيلوغرام. ملعقة! ولكن كان هناك أكثر. أدرك زويكي أنه بعد انهيار نجم كهذا سيكون هناك كمية كبيرة من الطاقة المتبقية، ما يكفي لإحداث الانفجار الأكبر في الكون. وقد دعا هذه الانفجارات الناجمة المستشعرات الضوئية. ستكون الأحداث الأكبر في الخلق.

نشرت مجلة (فيزيكال ريفيو) في 15 كانون الثاني 1934 خلاصة موجزة لمحاضرة ألقاها (زويكي وبادي) الشهر الماضي في جامعة ستانفورد. وبالرغم من إيجازه الشديد فقرة واحدة من 24 سطراً احتوى الملخّص على كمية ضخمة من العلم الجديد: قدم الإشارة الأولى إلى المستشعرات الضوئية والنجوم النيترونية؛ شارحاً بنحو مقنع طريقة تشكّلها؛ وحاسباً بدقة وزن انفجارها؛ وكنوع من العلاوة الختامية، ربط انفجارات المستشعرات الضوئية بإنتاج ظاهرة ملغزة جديدة تُدعى الأشعة الكونية التي عُثر عليها أخيراً متدفقة عبر الكون. كانت هذه الأفكار ثورية، هذا إذا قلنا: أقل شيء. ولن يُؤكد وجود النجوم النيترونية إلا بعد مضي أربعة وثلاثين عاماً. إن فكرة الأشعة الكونية لم تُؤكد بعد، بالرغم من أنها اعتُبرت قابلة للتصديق. كان الملخّص، كما قال عالم الفيزياء الفلكية في مؤسسة كاليفورنيا للتكنولوجيا (كيب.س. ثورن): «إحدى الوثائق الأكثر علماً بالغيب في تاريخ الفيزياء وعلم الفلك».

والمهم في الأمر أن زويكي لم يكن يفهم لماذا سيحدث أي من هذا. فبحسب ثورن: «لم يكن يفهم قوانين الفيزياء بما يكفي كي يكون قادراً على إثبات أفكاره». كانت موهبة زويكي خاصة بالأفكار الكبيرة. وقد تُرك آخرون كبادي مثلاً للقيام بالعمليات الرياضية.

كان (زويكـي) أول مـن عرف أيضاً أنه لم يكن هنـاك تقريباً كتلة مرئية كافية في الكـون لحمل المجرات معاً، وأنه لا بد أن هناك تأثير جاذبية آخر، وهو ما نسميه الآن بالمادة السوداء. وكان الشيء الذي لم يتمكن من رؤيته هو أنه إذا تقلص نجم نيتروني بمـا يكفي، فإنـه سيصبح كثيفاً جداً بحيـث إنّ الضوء نفسـه لا يستطيع أن ينجو من دفعـه الجاذبي الهائل. ستحصلون على ثقـب أسود. ولسوء الحظ، كان معظم زملاء زويكـي يزدرونه بحيـث إنّ أفكاره لم تشـد انتباه أحد. وحين انتبـه روبرت أوبنهايمر العظيم بعد خمس سنوات إلى النجوم النيترونية في محاضرة تُعد معلماً، لم يقم بأي إشـارة إلى عمل زويكي، بالرغم من أن زويكـي اشتغل لسنوات على المشكلة نفسها في مكتب في أسفل الردهة. لم تجذب استنتاجات زويكي حول المادة السوداء انتباهاً جاداً إلا بعد أربعة عقود تقريباً. نستطيع الافتراض فحسب أنه قام بكثير من تمارين الدفع الصاعد في تلك المدة.

من المفاجئ أن قليلاً من الكون مرئي لنا حين نرفع رؤوسنا إلى السماء. ليس بوسع العين المجردة أن ترى إلا ستة آلاف نجم من الأرض، ويمكن رؤية ألفي نجم فقط من أي بقعـة واحدة. وبمنظار ثنائي العين، فـإن عدد النجوم التي يمكن أن تشاهدها من موقـع واحد يرتفـع إلى الخمسين ألف، وبتلسكوب صغير يبلغ طوله 2 إنش يقفز العدد إلى ثـلاث مئة ألف. وبالتلسكوب الذي يبلـغ طوله 16 إنشاً - كالذي يستخدمه إيفانز - تبـدأ بالعد لا بالنجوم وإنما بالمجرّات. ويفترض إيفانز أنه يستطيع أن يشاهد من مصطبتـه بين خمسين ألفاً ومئة ألف مجـرة، وكل منها تحتوي على عشرات البلايين من النجوم. وهذه بالطبع أرقام ضخمة، ولكن حتى بكثير من الذي تشتمل عليه، فإن المستشعـرات الضوئيـة نادرة. يمكن أن يشتعل النجم لبلايـين السنين، ولكنه ينطفئ مرة واحدة وبسرعة، ولا تنفجر إلا بعض النجوم المطفأة. ويتلاشى كثير منها بهدوء، علـى غرار نار معسكر في الفجـر. وفي مجرة عادية، تتألّف من مئـة بليون نجم، فإن معـدل حـدوث المستشعر الضوئي هو مرة في كل مئتـين أو ثلاث مئة سنة. كان البحث عـن المستشعر الضوئي يشبه قليلاً الوقوف على منصـة مرصد مبنى الإمباير ستيت بتلسكوب، والنظر إلى النوافذ في منهاتن آملين العثور مثلاً، على شخص يشعل شموع كعكة عيد ميلاده الواحد والعشرين.

وهكذا حين اتصل وزير معسول الكلام وحالم وسأل إن كانت لدى الجمعية الفلكية أي خرائط ميدانية مفيدة لاصطياد المستشعرات الضوئية؟ اعتقد أعضاؤها أنه مجنون. وفي الوقت الذي كان فيه لدى إيفانز تلسكوب طوله 10 إنشات، وهذا حجم كبير جداً للتحديق الناضج بالنجوم، ولكنه ليس النوع الذي يمكن القيام به ببحث جدي في الكوزمولوجيا، كان يقترح العثور على إحدى ظواهر الكون الأكثر ندرة. ففي تاريخ علم الفلك كله - وقبل أن يبدأ إيفانز النظر عام 1980 - اكتُشف أقل من ستين مستشعراً ضوئياً. (حين زرته، في آب 2001، كان قد سجّل لتوّه اكتشافه الرابع والثلاثين، وتبعه الخامس والثلاثون بعد ثلاثة أشهر، ثم تبعه السادس والثلاثون في أوائل 2003).

كان لإيفانز بعض الميّزات على أي حال. إن معظم الراصدين - هم على غرار معظم الناس عامة - موجودون في نصف الكرة الشمالي وهكذا كان لديه كثير من السماء، وخاصة في البداية. كان لدى إيفانز سرعة أيضاً وذاكرة خارقة للطبيعة. إن التلسكوبات الضخمة ثقيلة ويستهلكُ معظم وقتها العملياتي نقلُها إلى الموقع المناسب. يستطيع إيفانز أن يؤرجح تلسكوبه الصغير الذي يبلغ طوله 16 إنشاً ويدورّه كما في قتال المهارشة القريب، ولا يمضي أكثر من ثانيتين في أي نقطة معيّنة في السماء. من ثَمَّ، ربما يستطيع أن يرى أربع مئة مجرة في المساء بينما سيكون تلسكوب مهني محظوظاً إذا شاهد خمسين أو ستين.

إن البحث عن المستشعرات الضوئية هو تقريباً طريقة لعدم العثور عليها. فمن عام 1980 إلى 1996 حقق معدّل اكتشافين في العام، وهذه ليست مكافأة كبيرة مقابل التحديق المتواصل لمئات من الليالي. مرة حقق ثلاثة اكتشافات في خمسة عشر يوماً، ولكنه أمضى في وقت آخر ثلاث سنوات دون تحقيق أي شيء.

قال: «هناك بالفعل قيمة معيّنة في عدم العثور على أي شيء. هذا يساعد علماء الكوزمولوجيا على معرفة معدل سرعة نشوء المجرات. إنه إحدى المجالات النادرة حيث غياب الدليل هو دليل».

وعلى طاولة إلى جانب التلسكـوب كانت أكداس الصور والأوراق المتعلقة بأبحاثه، وقد أراني بعضها. إذا حدث ونظرتم إلى المنشورات الفلكية الشعبية - ويجب أن تفعلوا هــذا أحياناً - ستعرفون أنها مليئــة بصور ضوئية ملوّنة للســديم البعيد وأمور أخرى مشابهة: سحابات من الضوء السماوي ذات جمال خارق ومؤثر. إلا أن صور (إيفانز) العاملــة ليست مثل هــذه. إنها مجرد صور غائمة بالأبيض والأسود بنقاط صغيرة من التألــق الــذي كالهالة. مرة أراني صورة حشد من النجــوم ذات وهج ضعيف كان عليّ أن أقرّبهــا مــن عينيّ كي أميّزهــا. قال لي إيفانز: إن هذا كان نجمــاً في كوكبة تُدعى فورناكــس من مجــرة يسميّها علم الفلــك باسم إن جي ســي 1365 (ويعني اختصار إن جــي ســي الكتالوج الجديد العام)، حيث سُجّلت هــذه الأمور. كان مرة كتاباً ثقيلاً علــى مكتــب أحدهم في دبلن؛ أما اليــوم - من النافل القول - إنــه قاعدة معطيات). سافــر الضوء من الانطفاء المدهشــ لهذا النجم الميت عبر الفضاء طوال ستين مليون عام دون توقّف، حتى وصل في إحدى الليالي في آب 2001 إلى الأرض في شكل وميض متوهــج، أو تألّــق باهت، في سماء الليــل. كان روبرت إيفانز هو الــذي حدّده من على رابيته التي تفوح بشذى اليوكالبتوس.

قال إيفانز: «هناك شيء ما مُرضٍ - على ما أعتقد - حيال فكرة سفر الضوء لملايين الأعوام عبر الفضاء وتماماً في اللحظة المناسبة، التي يصل فيها إلى الأرض ينظر المرء إلى القطعة المناسبة من السماء ويراه. إن حدثاً بهذه الأهمية يجب أن يُشاهد».

إن المستشعــرات الضوئية تفعل أكثر بكثير من مجرّد منح إحساس بالدهشة. فهي تأتــي في أنماط عــدّة (اكتشف أحدها إيفانز)، ومن بين هــذه الأنماط، هناك واحد، يُعــرف باســم المستشعر الضوئي إيا Ia، وهــو مهم لعلم الفلك لأن هــذه المستشعرات الضوئيــة تنفجر دوماً بالطريقة نفسها، وبالكتلة الحساسة نفسها. لهذا السبب يمكن استخدامهــا كــ (شموع عادية)، وكمقاييس يمكن قياس التألّــق بها (ومن ثَمَّ المسافة النسبية) للنجوم الأخرى، ومن ثَمَّ قياس نسبة تمدّد الكون.

في سنة 1987 انطلق سول بيرلمتر من مختبر لورنس بيركلي في كاليفورنيا - الذي كان بحاجــة إلى اكتشاف مستشعرات ضوئيــة Ia أكثر من التي كانت تقدمها عمليات

الرصد – للعثور على طريقة أكثر منهجية في البحث عنها. اخترع بيرلمتر نظاماً رائعاً مستخدمـاً كمبيوترات متطوّرة وأدوات مضاعفة الشحن وكاميرات رقمية جيدة حقاً. أتمَّـتَ البحث عـن المستشعرات الضوئيـة. تستطيع التلسكوبـات الآن أن تلتقط آلاف الصـور وتجعل الكمبيوتر يفحص البقع الواشية، التي تحدد انفجار مستشعر ضوئي. وفي غضـون خمس سنـوات – وبسبـب التقنية الجديـدة – اكتشف بيرلمـتر وزملاؤه في بيركلـي اثنـين وأربعين مستشعراً ضوئيـاً. والآن يكتشف حتى الهـواة المستشعرات الضوئيـة بأدوات مضاعفة الشحن. «تستطيع أن توجّه التلسكوب بواسطة CDDs إلى السمـاء، وتذهب إلى مشاهدة التلفزيون»، قـال إيفانز بإحساس بالمقت: «لقد جردت هذه الأدوات الأمر من الرومانس».

سألتـه إن كان قد أُغـري كي يتبنى التكنولوجيا الجديدة فقـال: «كلا. أنا أستمتع بطريقتـي كثيراً. بالإضافة إلى ذلك» هزّ رأسه مشـيراً إلى صورة مستشعره الضوئي الأخير وابتسم: «ما أزال أستطيع التغلب عليها أحياناً».

إن السؤال الذي يطرح نفسه بنحو طبيعي هو: كيف سيكون الأمر إذا انفجر النجم في منطقـة قريبـة؟ إن جارنا النجمي الأقرب – كما رأينـا – هو القنطورس الألفاوي؛ وهو على بعد 4,3 سنوات ضوئية. وقد تخيّلت أنه لو تم انفجار هناك فإنه سيكون لدينا 4,3 سنـوات لمشاهدة ضوء هذا الحـدث الرائع ينتشر عبر السماء، وكأنه ينسكب من علبة عملاقة. كيف سيكون الأمر لو كان لدينا أربع سنوات وأربعة أشهر لمراقبة قدر لا يمكـن النجاة منه يتقدم نحونا، عارفين أنه حين يصل في النهاية فإنه سينفجر نازعاً جلودنـا عن عظامنا؟ هـل سيظل الناس يذهبـون إلى العمل؟ هل سيـزرع الفلاّحون المحاصيل؟ هل سيرسلها أحد إلى الحوانيت؟

بعـد أسابيـع – في بلـدة في نيومها مشير حيـث كنت أعيش حينهـا – طرحت هذه الأسئلة علـى جون ثورستنسن، عالم الفلك في كلية دارتماوث. قال ضاحكاً: «آه، كلا، إن أنباء أحداث كهذه تسافر بسرعة الضوء، وهكذا يفعل الدمار، وهكذا ستعرف عنه وتموت منه في اللحظة نفسها. ولكن لا تقلق، لأنها لن تحدث».

كي يقتلك انفجار المستشعر الضوئي - كما قال - يجب أن تكون «قريباً» عشرة أعوام ضوئيــة أو ما يقارب ذلك. «سيكون الخطر أنواعاً متعددة من الإشعاع: أشعة كونية أو إلى ما هنالك». ستُنتج هذه أشفاقاً خرافية، وستائر متألقة من الضوء الشبحي تغمر السمــاء. لن يكون هذا أمــراً جيداً. إن أي شيء قوي بما يكفي كي يصنع مشهداً كهذا سيفجّر الغــلاف المغنطيسي، المنطقة المغناطيسية المرتفعة فــوق الأرض التي تحمينا عادة من الأشعة فوق البنفسجية وهجمات كونية أخرى. فمن دون الغلاف المغنطيسي فــإن أي شخصــ غير محظوظ يخطو في ضوء الشمس، سيتخــذ بسرعة مظهر قطعة بيتزا مطبوخة أكثر من اللازم.

إن السبب الذي يجعلنا واثقين بشكل عقلياً من أن حدثاً كهذا لن يحدث في زاويتنا مــن المجــرة - كما قال ثورستنسن - هــو أن الأمر يتطلب نوعاً معينــاً من النجوم كي يصنــع مستشعــراً ضوئياً في البداية. ويجب أن يكون النجــم المرشّح أكبر من شمسنا مــن عشر إلى عشرين مرة، و«ليس لدينا أي شيء بهذا الحجم اللازم قريب إلى هذا الحــد. فالكون كبير جداً بنحــو رحيم». أضاف أن المرشّح المحتمــل الأكبر، هو مَنْكِبُ الجــوزاء*، الذي أوحت فرقعاته المتنوّعة لسنــوات بأن شيئاً ما غير مستقر بنحو غير ممتع يجري هناك. ولكن منكب الجوزاء هو على بعد خمسين ألف سنة ضوئية.

كانــت المستشعرات الضوئيــة قريبة بما يكفي كي تكون مرئيــة للعين المجردة ست مــرات في التاريخ المــدوّن فحسب. كانت إحداهــا انفجاراً حدث في سنــة 1051 أنشأ ســديم السرطــان. حدث الانفجار الآخــر في 1604 وجعل نجماً متألقــاً بما يكفي كي يُــرى بالعين المجردة لأكثر من ثلاثة أسابيــع. وكان الأحدث بينها في 1987، حين شعّ مستشعر ضوئي في منطقة من الكون تُعرف باسم سحابة ماجلّان** الضخمة، ولكن هــذا نادراً مــا كان مرئياً وكان يُشاهــد في نصف الكرة الجنوبي فحســب، وكان آمناً بنحو مريح لأنه يبعد 169,000 سنة ضوئية.

---

* نجمٌ عملاق يُعدّ أكبر نجوم كوكبة الجبّار أو الجوزاء. المترجم.

** إحدى مجرتين تعدّان أقرب المجرات إلى الطريق اللبنية وتبدوان على شكل قطع سحاب وضّاءة. المترجم.

إن المستشعـرات الضوئية مهمة لنا بطريقة أخرى محورية حاسمة. فمن دونها لن نكـون هنا. تتذكرون اللغز الكـوني الذي أنهينا به الفصـل الأول: أن الانفجار الكوني أنشـأ كثـيراً من الغازات الخفيفـة لكنه لم ينتج عناصر ثقيلة. جـاءت هذه فيما بعد، ولكـن لم يستطع أحد لوقت طويل جداً أن يستنتج كيف جاءت فيما بعد. كانت المشكلة أنـك تحتـاج إلى شيء ما حار فعلاً أكـثر حرارة حتى من أكثر النجـوم حرارة لتوليد الكربـون والحديـد والعناصر الأخرى، التي من دونها سنكـون لاماديين بنحو مكرب. قدمـت المستشعـرات الضوئية الشرح، وكان الذي استنتج ذلـك هو عالم كوزمولوجيا إنكليزي متوحد على غرار فريتز زويكي.

كان رجـلاً من يوركشير يُدعـى فريد هويل. وهويل، الذي وافته المنية في سنة 2001، ووُصف في نعوته المنشورة في مجلة نيتشر بأنه «عالم كوزمولوجيا و بارع في الجدل»، وكان فعلاً يمتلك هاتين الصفتين. كان - بحسب نعوة مجلة نيتشر - «متورطاً في الجدل معظم حياته»، و«ذيّل اسمه على كثير من القمامة». زعم على سبيل المثال، ودون إيراد دليل - أن المستحاثات الموجودة في متحف العلـوم الطبيعية لطائر الأركيوبتركس* هي مزوّرة على غرار خدعة بلتداون (الإنسان القبتاريخي)، مسبّباً كثيراً من السخط لعلماء الإحاثة في المتحف، الذين اضطروا إلى قضاء أيام للرد على مكالمات هاتفية من صحفيين في أنحاء العالم كله. اعتقد أيضاً أن الفضاء لم يمنح الأرض الحياة فقط وإنما كثير من أمراضها مثـل الأنفلونزا والطاعون الدّبْلَيّ، وقال مرة إن البشر طوّروا أنوفاً ناتئة بوجود المنخرين في الأسفل لتكون طريقةً لمنع سقوط البكتيريا الكونية فيها.

كان هـو من نحـت مصطلح الانفجار الكـوني، في لحظة مزاح، لمذيـع إذاعة في 1952. وقـد قـال إنه لا شيء في فهمنا للفيزياء يمكـن أن يفسّر لماذا كل شيء، جُمع إلى نقطة، وسيبدأ فجأة وبنحو درامي بالتمدد. وقد فضّل نظرية الحالة المستقرّة** التـي فيها يتمدد الكون باستمـرار، ويخلق باستمرار مادة جديـدة فيما هو ينطلق. أدرك هويل أيضاً أنه لو أن النجوم انفجرت داخلياً فإنها ستحرر كميات ضخمة من

* طائر بدائي منقرض يُعتقد أنه تطوّر عن إحدى الزواحف. المترجم.

** نظرية في علم الفلك تقول بأن الكون هو أبداً في حالة مستقرة، وأن ما يُعرف بـ «تمدّد الكون» يعوّضه خلق للمادة مستمر من غير انقطاع. المترجم

الحــرارة، 100 مليون درجة أو أكثر، ما يكفي للبــدء بتوليد العناصر الأكثر ثقلاً في عملية تُعرف باسم التركيب النواتي. وحين كان يعمل مع آخرين في سنة 1957 أظهر هويل كيف تم تشكيل العناصــر الأكثر ثقلاً في انفجارات المستشعرات الضوئية. من أجل هذا العمل، مُنح أحد معاونيه، وهو دبليو. إي. فاولر جائزة نوبل. ومن العار أن هويل لم يحصل عليها.

تقــول نظرية هويل: إن انفجار النجم سيولّد ما يكفي من الحرارة كي ينشئ جميع العناصر، وينشرها في الكــون حيث ستشكّل سحابات غازية الأداة (البينجمية)، كما تعرف التي يمكن في النهاية أن تتّحد في منظومات شمسية جديدة. وبولادة النظريات الجديدة صار من الممكن أخيراً إنشاء سيناريوهات قابلة للتصديق عند كيفية ذهابنا إلى هناك. ما نعتقد الآن أننا نعرفه هو الآتي:

منذ نحو 4,6 بليون سنة تراكمت دوامة من الغاز والغبار عرضها 24 بليون كيلومتر في الفضاء، حيث نحن الآن وبدأت تتكتّل. والواقع أن 99,9% من كتلة المنظومة الشمسية ذهــب لصناعة الشمس. ومن المادة العائمة التي بقيت سبحت حبتان صغيرتان جداً، واقتربتــا من بعضهما بما يكفي، واندمجتا بفعل قوى شحنات كهربائية ساكنة. كانت هــذه لحظة بداية كوكبنــا. كان الشيء نفسه يحدث في كل أنحــاء المنظومة الشمسية غــير المكتملة. فقد شَكلــت حبّات الرمل المتصادمة كتلاً أكــبر فأكبر. كبرت الكتل في النهايــة بما يكفي كي تُدعــى كويكبات. وفيما كانت هذه تتقافــز وتتصادم بلا نهاية، تشظّــت أو انشقــت أو مُزجت من جديد في تبــدّلات عشوائية لا نهاية لها، ولكن في كل لقــاء كان هنــاك رابح، ونما بعضــ الرابحين بما يكفي، كي يهيمنــوا على المدار الذي كانوا يسافرون حوله.

مــن اللافــت أن كل هــذا حدث بسرعــة. واعتُقــد أن النمو من عنقــود صغير من الحبيبــات إلى كوكــب طفل بعرضــ مئات الكيلومــترات، لم يستغرق أكــثر من بضعة عشــرات الآلاف مــن الأعــوام. وفي غضــون 200 مليون عــام أو أقل، شُكّلــتْ الأرض، بالرغــم من أنها كانت ما تزال ذائبة وخاضعة لقصف مستمرّ من الحطام الذي كان يطوف حولها.

عند هــذه النقطة، ومنذ نحو 4,4 بليون عام، اصطدم جرم بحجم المرّيخ بالأرض مفجّــراً ما يكفي من المادّة لتشكيــل كوكب مرافق هو القمر. وفي غضون أسابيع – كما اعتُقــد – أعادت المادة المقذوفة تجميع نفسها ككتلة واحــدة، وفي غضون سنة تحوّلت إلى الصخــرة الكوكبيّــة التي ترافقنا حتى الآن. إن معظم المادة القمرية جاءت – كما يُظــن – مــن قشرة الأرض، وليس من لبّها، ولهذا السبب ليس في القمر سوى قليل من الحديد بينما لدينا كثير. وبالمصادفة، غالباً ما قُدّمتِ النظرية بوصفها نظرية حديثة، ولكن في الحقيقة كان أول من أبدعها في الأربعينيات ريجينال دالي من هارفارد.

حــين كانت الأرض في ثلــث حجمها النهائي، كانت قد بدأت علــى الأرجح بتشكيل كوكــب، معظمه من ثاني أكسيد الكربــون والنتروجين والميثان والكبريت. لم يكن هذا نــوع المادة التي سترتبط بالحياة، ومع ذلــك تشكّلت الحياة من هذه اليخنة المزعجة. إن ثاني أكسيد الكربون هو غاز يحافظ على الحرارة. كان هذا شيئاً جيداً؛ لأن الشمس كانت بنحو ملحوظ أكثر بهوتاً آنذاك. فلو لم نحصل على فائدة أثر المخضرة الدفينة* لكانت الأرض قــد تجمّدت باستمرار، ولما حصلت الحياة أبداً على موطئ قدم. ولكن الحياة فعلت ذلك نوعاً ما.

وفي الأعــوام الخمســ مئة مليــون الآتية ظلــت النيازك والشهــب وحطام مجرات أخــرى تحيط بالأرضــ الفتية بشكل لا يلين، أحضرت المياه لمــلء المحيطات والمركّبات الضروريــة للتشكل الناجح للحياة. كانت بيئة معادية جــداً، ومع ذلك واصلت الحياة نموّها. انتفضت سلة صغيرة من المواد الكيماوية وصارت حية. كنا في طريقنا.

بعــد أربعــة بلايين سنة، بدأ البشــر يتساءلون كيف حدث كل هــذا. وهذا موضوع قصتنا الآتية.

---

* أثر غلاف الأرض الجويّ في الاحتفاظ بحرارة الشمس.

الباب الثاني

حجم الأرض

إن الطبيعة وقوانين الطبيعة تختبئ في الليل

أراد اللّه أن يكون نيوتن فكان الضوء

ألكسندر بوب، مرثية لإسحاق نيوتن

الفصل الرابع

قياس الأشياء

إذا كان عليك اختيار الرحلة العلمية الميدانية الأقل مرحاً في جميع الأزمنة، فإنك ستفعل على الأرجح ما هو أسوأ مما فعلته رحلة أكاديمية العلوم الملكية الفرنسية إلى البيرو في سنة 1735. فهذه الرحلة التي قادها عالم بالمائيّات يُدعى بيير بوجوير وجنديٌّ وعالم بالرياضيات يُدعى تشارلز ماري دو لا كوندامين، ضمّت فريقاً من العلماء والمغامرين الذين سافروا إلى البيرو من أجل مسح المسافات عبر تقسيمها إلى مثلثات عبر الآنديز.

كانت تحدو الناس في ذلك الوقت رغبة هائلة لفهم الأرض ومعرفة عمرها، وكبرها، وأين هي معلّقة في الفضاء، وكيف حدث ذلك. وكان هدف الفريق الفرنسي هو المساعدة في حسم مسألة محيط الكوكب عبر قياس طول درجة واحدة من خط الزّوال (أو درجة من 360 درجة من المسافة حول الكوكب) على طول خط يمتد من ياروكي - قرب كويتو، إلى ما وراء سوينكا - في ما يُدعى الآن بالإكوادور، ويبلغ نحو 320 كيلومتراً*.

* كان المسح المثلثي، منهجهم المختار، تقنية شعبية تستند إلى الحقيقة الهندسية القائلة، بأنك إذا عرفت طول ضلع من مثلث وزوايا زاويتين، فإنك تستطيع استنتاج كل أبعاده الأخرى دون أن تغادر كرسيّك. افترض - على سبيل المثال - أنني أنا وأنت قرّرنا أن نعرف كم تبعد الطريق إلى القمر. إذا استخدمنا المسح المثلثي، فإن الشيء الأول الذي يجب أن نفعله هو وضع مسافة ما بيننا، وهكذا دعنا نقول على سبيل الجدل أنك تمكث في باريس وأنا أذهب إلى موسكو وننظر كلانا إلى القمر في الوقت نفسه. والآن، إذا تخيّلت خطاً يصل بين عناصر هذا التمرين - أي، أنت وأنا والقمر - فإنه يشكل مثلثاً. وإذا قست طول الخط القاعدي بينك وبيني وبين زوايا زاويتينا يمكنك حساب البقية بسهولة. (لأن الزوايا الداخلية للمثلث تصل دوماً إلى 180 درجة، فإذا عرفت حاصل اثنتين من الزوايا تستطيع أن تحسب على الفور الثالثة، ومعرفة الحجم الدقيق للمثلث وطول أحد الأضلاع يخبرك عن طول الأضلاع الأخرى. كان هذا في الحقيقة هو المنهج الذي استخدمه عالم فلك يوناني يُدعى هيباركوس النيقي Nicaea في 150 قبل الميلاد؛ كي يعرف بعد القمر عن الأرض. أما على مستوى الأرض، فإن مبادئ المسح المثلثي هي نفسها، باستثناء أن المثلثات لا تصل إلى الفضاء وإنما بالأحرى تقع جنباً إلى جنب على الخريطة. فلقياس درجة من خط الزوال، سينشىء الماسحون نوعاً من سلسلة من المثلثات التي تتقدّم عبر المشهد الطبيعي.

بـدأت الأمـور فجأة تنحو باتجاه الخطـأ، وبشكل هائل أحياناً. ففـي كويتو، أغضب الزائرون السكان المحليين فطُردوا من البلدة من قبل رعاع مسلّحين بالأحجار. بعد هذا حـالاً، قُتل طبيب الحملة بسبب سـوء فهم متعلق بـامرأة. وفقد عالم النبات عقله. مات آخـرون من الحمّى ومن السقطـات. وهرب العضو الرئيس الثالث في الفريق، وهو رجل يُدعى جان غودن مع فتاة في الثالثة عشرة من عمرها، ولم ينجح إغراؤه بالعودة.

عنـد هـذه النقطـة كان على المجموعـة أن تعلّـق العمل لثمانيـة أشهـر، بينما رحل لا كوندامـين إلى ليمـا، كي يحـل مشكلة تتعلّـق بأذونهم. في النهاية اختلـف مع بوجوير وامتنعا عن التحدث ورفضا العمل سوية. وفي كل مكان ذهب إليه الفريق المتناقص قوبل بأعمق الشبهات من المسؤولين، الذين وجدوا صعوبة في تصديق أن مجموعة من العلماء الفرنسيـين سيقطعون نصف المسافة حول العالم كي يقيسوه. لم يكن لهذا أي معنى على الإطلاق. ولكن بعد قرنين ونصف، ما تزال تبدو المسألة معقولة. لماذا لم يقم الفرنسيون بقياساتهم في فرنسة وينقذوا أنفسهم من إزعاج ونكد مغامرتهم الآندية؟

تكمن الإجابة جزئياً في حقيقة أن علماء القرن الثامن عشر - وخاصة الفرنسيين - نـادراً مـا فعلـوا الأشياء ببساطـة إذا توافر لديهـم بديل، ويعود السبـب أيضاً إلى مشكلة عملية واجهها أولاً عالم الفلك الإنكليزي إدموند هالي قبل سنوات كثيرة، قبل أن يحلم بوجوير ولا كوندامين بالذهاب إلى أمريكة الجنوبية بوقت طويل، وبالإضافة إلى ذلك كانوا يمتلكون سبباً لفعل هذا.

كان هالي شخصية استثنائية. ففي مجرى مهنة طويلة ومنتجة، كان قبطاناً بحرياً، ورسّـام خرائط وأستاذاً للهندسة في جامعـة أكسفورد، ونائب كبير المحاسبين في دار سـكّ العملة الملكية، وكان عالم فلك في الجمعية الملكية، ومخترعاً لناقوس الغوّاصين. وقـد ألّف عن المغنطيسية، والمد والجزر وحركات الكواكب أبحاثاً يُعتدّ بها، وكتب بولع عـن تأثيرات الأفيون. واخترع خريطة الطقس وجدول خـبراء التأمين، واقترح طرقاً لاستنتـاج عمر الأرض وبعدهـا عن الشمس، حتـى إنه استنبط منهجـاً عملياً لإبقاء السمـك طازجـاً بعد صيده. كان الشـيء الوحيد الذي لم يفعله هـو اكتشاف المذنّب،

الذي يحمل اسمه. اعترف فقط أن المذنّب الذي شاهده في 1682 كان هو نفسه الذي رآه آخـرون في 1456 و1531 و1607. ولم يصبـح مذنب هـالي إلا في 1758، بعد ستة عشر عاماً من وفاته.

وعلـى الرغم من كل إنجازاته، فإن إسهام هالي الأعظم في المعرفة البشرية هو أنه أدى دوراً في رهـان علمـي متواضع مع اثنين آخريـن أكفاء من عصره هما روبرت هوك الذي ربما يُذكر الآن بنحو أفضل على أنه الشخص الوحيد الذي وصف الخلية، والآخر هـو العظيم والمهيـب السير كريستوفر رين الـذي كان بالفعل عالم فلـك أولاً ومهندساً معماريـاً ثانيـاً، بالرغم من أن هذا لا يُذكر كثيراً الآن. في 1683 كان هالي وهوك ورين يتناولـون العشاء في لندن حين انتقلت المحادثة إلى حركات الأجرام السماوية. كان من المعـروف أن الكواكـب تميـل إلى الدوران في مسـار إهليلجي معيّن يُعـرف باسم القطع الناقصـ ـــ «منحنى محدد ودقيق جـداً» ولكن لم يُفهم لماذا. عرضـ رين بكرم جائزة قدرها 40 شلنغاً (ما يعادل أجر يومين) لأي من الرجال الذي يستطيع تقديم حلّ.

زعـم هوك – الذي كان مـن المعروف جيداً أنه يحصل على الثنـاء من أجل أفكار ليسـت لـه بالضرورة – أنه حلّ المشكلة لكنه زعم أنه يرفض أن يبيّن ذلك الآن؛ خشية أن يجـرد الآخرين من متعة اكتشاف الإجابة بأنفسهم. قال إنه: «لم يفصح عن الحل لبعض الوقت، كي يعرف الآخرون كيف يقوّمونه».إذا حدث وفكر مرة أخرى بالمسألة، فإنه لم يورد دليلاً عليها. صار هالي على أي حال مستغرقاً في العثور على الإجابة، إلى درجة أنه سافـر في العام الآتي إلى كمبريدج، وتجرأ على زيارة بروفسور الرياضيات إسحاق نيوتن، آملاً أنه يستطيع مساعدته.

كان نيوتـن شخصـاً غريباً من غير ريـب: كان متألقاً بشكل يفـوق القياس، ولكنه منعـزل وكئيب وحسّاسـ إلى درجة جنـون الارتياب، وكان من المعـروف عنه الشرود (فحـين يدلي ساقيه من السرير في الصباح يُقـال: إنه يجلس أحياناً لساعات مشلولاً مـن الاندفاع المفاجئ للأفـكار في رأسه)، كان قادراً على الغرابـة الأكثر إثارة. شيّد مختبره الأول في كمبريدج، وانخرط في أكثر أنواع التجارب غرابة. مرة أدخل مخرزاً

في محجر عينه وحك الموضع الذي حوله «بين عيني والعظم إلى قرب الجانب الخلفي من العين قدر استطاعتي» فقط لأرى ما الذي سيحدث. وبفعل معجزة لم يصب بأذى دائـم. في مناسبة أخرى حـدّق بالشمس قدر ما يستطيع التحمّل؛ كي يحدّد ما التأثير الـذي ستحدثه في عينه. ومرة أخرى نجا من الأذى الدائم، بالرغم من أنه كان عليه أن يمضي بعض الأيام في غرفة مظلمة قبل أن تسامحه عيناه.

كان يعلـو فـوق هذه المعتقـدات الغريبـة والصفات عقـل بعبقرية لا يُعلـى عليها، وبالرغـم مـن أن نيوتـن كان يعمل في قنوات تقليديـة فإنه كان دومـاً يُظهر ميلاً إلى التفـرّد. وحين كان طالباً – وقـد أحبطته حدود الرياضيـات التقليدية – ابتكر شكلاً جديداً كلياً، وهو حساب التفاضل والتكامل، ولكنه لم يطلع أحداً عليه طوال 27 عاماً. وبطريقة مماثلة، قام باكتشاف في حقل البصريات حوّل فهمنا للضوء ووضع الأساس لعلم التحليل الطّيفي، ومرة أخرى اختار ألا يفصح عن النتائج لثلاثة عقود.

وبالرغم من كل تألقه لم يشغل العلم الحقيقي إلا جزءاً من اهتماماته. فقد أمضى نيوتن نصف حياته تقريباً في العمل في الكيمياء والاهتمامات الدينية المتقلّبة. ولم تكن هـذه مجرد تسليات ملهية وإنمـا عبادات صادقة. كان تابعاً سريـاً لطائفة هرطوقية خطـرة تُدعى الآريوسية*، وكان معتقدهـا الرئيس هو أنه لم يكن هنـاك ثالوث أقدس (وهـذا مثـير للسخريـة قليلاً بمـا أن كليـة نيوتن في كمبريـدج كان اسمهـا الثالوث الأقدس). أمضـى ساعات لا نهاية لها في دراسة خطة أرضيـة معبد سليمان المفقود في القدس (وتعلّـم اللغة العبرية في أثنـاء ذلك، لأنه من الأفضـل فحص النصوص الأصليـة) معتقـداً أنه يحتوي علـى مفاتيح رياضيـة لمواعيد المجيء الثـاني للمسيح ونهايـة العـالم. ولم تكن صلتـه بالسيمياء أقل حماسة. ففي عـام 1936 اشترى عالم الاقتصاد جون مينارد كينيز صندوقاً من أوراق نيوتن في مزاد علني، وفاجأه اكتشاف أنهـا لم تكن تدور حول البصريات أو حـركات الكواكب، وإنما حول بحث عقلي فردي لتحويـل المعادن الوضيعة إلى ثمينة. وبيّن تحليل شعرة من شعر نيوتن في السبعينيات

* مذهب آريوس، اللاهوتي النصراني اليوناني، الذي ذهب إلى أن المسيح مخلوق وليس إلهاً كما تقول النصرانية. وقد شجب مجمّع نيقية (عام 325 م) مذهب آريوس هذا وعدَّه هرطقة. المترجم.

أنه يحتوي علــى الزئبق، وهذه مادة يهتم بها السيميائيون، وصانعو القبعات وموازين الحـرارة، ولا أحد آخر تقريباً، وكان تركيزه أعلى بأربعين مرة من المستوى الطبيعي. ربما كان هذا هو سبب معاناته من مشكلة في تذكّر النهوض في الصباح.

لا نستطيع سوى أن نخمّن ما توقّع هالي أن يحصل عليه منه تماماً حين قام بزيارته غـير المعلنة في آب 1684. ولكـن بفضل قصة صاحب لنيوتن فيما بعد يُدعى أبرامهم دو موافري لدينا سجل لأحد لقاءات العلم الأكثر أهمية في التاريخ:

في 1684 جاء الدكتور هالي للزيارة في كمبريدج وبعد أن أمضيا بعض الوقت سوية سألــه الدكتور ما رأيه بالمنحنى، الذي تسلكه الكواكب، مفترضين أن قوة الجذب نحو الشمس هي مقلوب مربّع بعدها عنها.

كانــت هذه إشارة إلى قطعة رياضيات تُعرف باسم قانون التربيع العكسي* الذي كان هالي مقتنعاً أنه يكمن في قلب الشرح، بالرغم من أنه لم يكن متأكداً بالضبط كيف.

أجـاب السـير إسحاق على الفور أنه سيكـون قطعاً ناقصاً. فسألــه الطبيب الذي صعقــه الفرح والدهشة، كيف عرف ذلك. أجاب: «لماذا؟ لقد حسبتها»، على إثر ذلك سألــه الدكتور هالي عــن حسابه دون تأخير. بحث السير إسحــاق بين أوراقه لكنه لم يستطع العثور عليه.

كان هــذا مدهشاً، علــى غرار شخص يقــول إنه عثر على عــلاج للسرطان ولكنه لا يذكـر أين وضع الصيغـة. وبضغط من هالي، وافق نيوتن علــى القيام بالحسابات مــرة أخرى وألّف بحثاً. وفعل كما وعد، ولكنه عندئـذ فعل أكثر من ذلك. تقاعد مدة عامــين منصرفاً إلى التأمل والتأليف، وأخيراً أنجز رائعته المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية، الذي يُعرف بنحو أفضل باسم كتاب المبادئ.

يحــدث مــرة في كل مدة طويلــة، أو بضع مــرات في التاريخ، أن يبــدع عقل بشري عمــلاً ذكياً جداً ومفاجئاً، ولا يستطيع البشــر أن يحددوا تماماً ما هو الأكثر إدهاشاً:

* قانون تتغيّر بموجبه شدّة الطاقة الواردة من مصدر ما بتغيّر المسافة الفاصلة عن ذلك المصدر، وذلك بنسبة مقلوب مربّع تلك المسافة. المترجم.

الحقيقـة أم التفكير بهـا. كان ظهور كتاب المبادئ هو إحدى تلك اللحظات. فقد جعل نيوتـن مشهوراً على الفـور. وأحيط لبقية حياته بالإعجاب والتكريم، وكان – بين أمور أخـرى كثيرة – أول شخص في بريطانية يُمنح وسام الفارس من أجل إنجازه العلمي. حتـى عالم الرياضيـات الألماني الكبير غوتفريد فون لايبنتـز، الذي خاض معه نيوتن صراعـاً طويـلاً ومريراً حـول أسبقية ابتـكار حسـاب التفاضل والتكامـل، اعتقد أن إسهامـه في الرياضيـات يعادل كل العمل المتراكـم الذي سبقـه. «لا يستطيع فانٍ أن يقـترب من الآلهة» كتب هالي بشعور ردّد صداه بنحو لا نهائيّ معاصروه وكثيرون منذ ذلك الوقت.

وبالرغـم من أن كتاب المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية دُعي «أحد أعقد الكتب التـي سبق وتم تأليفها» تقصّد نيوتن جعله صعباً، بحيث لا يضايقه علماء الرياضيات «المهذارون» – كما دعاهم – فإنه كان ضوء الهداية للذين ساروا على خطاه. لم يشرح مدارات الأجرام السماوية رياضياً فحسب، وإنما حدّد أيضاً القوة الجاذبة التي جعلت الكواكب تتحرك في المقام الأول: الجاذبية. فجأة شُرحت جميع الحركات في الكون.

وفي قلـب كتـاب المبادئ كانت قوانـين نيوتن الثلاثة الخاصـة بالحركة التي تحدّد – بشـكل مخيف جداً – أن الشيء يتحرك إلى جهة يُدفع إليها؛ أي أنه يواصل الحركة في خط مستقيم إلى أن تعمل قوة أخرى كي تبطئه أو تعطّله؛ وأنّ كلّ حركة لها رد فعل مضاد ومساوٍ. كان فيه أيضاً قانونه الكوني الخاص بالجاذبية الذي يفيد أن كل شيء في الكـون يمارس جاذبية علـى كل شيء آخر. يمكن ألا يبدو الأمـر هكذا، ولكن فيما أنـت جالس الآن فأنت تجـذب كل شيء حولك: الجدران والسقـف والمصباح والقطة نحـوك عبر مجال جاذبيتك الخاص بك الذي هو محدود جداً. وتجذبك هذه الأشياء أيضاً. كان نيوتن هو الذي أدرك أن جاذبية أي شيئين هي – إذا اقتبسنا كلام فينمان ثانيـة – «متناسبة طرداً مع كتلة كل منهما وتتنوّع بنحو معكوس كمقلوب مربع المسافة بينهمـا». وبصيغة أخرى، إذا ضاعفت المسافة بين شيئين، فإن الجذب بينهما يصبح أضعف بأربع مرات. يمكن التعبير عن هذا بصيغة: $F = G\ Mm$.

لا أحـد منــا يستطيع أن يقوم باستخـدام عملي له، ولكننا نستطيـع على الأقل أن نـدرك أنه محكم بنحو رشيق. عمليتا ضرب موجزتان، عملية تقسيم واحدة، وضربة حظ، وتعـرف موقع جاذبيتك أينما ذهبت. كان أوّل قانــون جاذبية سبق وقدّمه عقل بشري ولهذا يُحترم نيوتن في كل مكان احتراماً عميقاً.

لم يحــدث تأليـف كتاب المبادئ من دون دراما. ومما أثـار رعب هالي هو أنه فيما كان الكتــاب يقــترب من الانتهــاء دخل نيوتن وهوك في نزاع حول مــن له الأسبقية في اكتشــاف قانون التربيع العكسي، ورفض نيوتن أن ينشر الجزء الثالث الحاسم، الذي من دونه لن يكون للجزأين الأولين سوى أهمية قليلة. وعبر بعض الدبلوماسية المكوكية المسعـورة والتطبيقات الأكثر ليبرالية للمداهنــات، استطاع هالي في النهاية أن ينتزع الجزء النهائي من البروفسور الشارد.

لم تنتــهِ صدمات هــالي تماماً. فقد وعـدت الجمعية الملكية بنشــر العمل، ولكن الوعد سُحب فيما بعد، لأسباب مالية مربكة. في العام الماضي، دعمت الجمعية شيئاً مخفقــاً ومكلفاً جـداً هو كتاب تاريخ الأسماك، واشتبهت بــأن السوق من أجل كتاب عــن المبادئ الرياضية سيكون محدوداً. نشر هالي والذي لم تكن إمكانياته كبيرة – الكتاب على نفقته الخاصة. ولجعل الأمور أسوأ، كان هالي قد قبل هذه المرة منصباً كموظّـف في الجمعيــة، وتم إبلاغه بأن الجمعية لم تعد تستطيــع أن تقدم له الراتب الموعــود، وهو خمسون جنيهاً في السَّنة. وقــررت أن تدفع له بدلاً من ذلك نسخاً من كتاب تاريخ الأسماك.

شرحتْ قوانين نيوتن كثير من الأشياء منها المد والجزر، وحركات الكواكب، ولماذا قذائف المدفعية تتبع مساراً معيّناً قبل أن تندفع إلى الأرض، ولماذا لا نُقذف في الفضاء فيما الكوكب يدور تحتنا بسرعة مئات الكيلومترات في الساعة* وقد استغرقت معانيها الضمنية بعض الوقت لكي تتسرّب. ولكن كشفاً واحداً صار على الفور مثيراً للجدل.

* تعتمد سرعة دورانك على أين أنت. وتتنوّع سرعة دوران الأرض من أكثر من 1600 كيلومتر في الساعة في خط الاستواء إلى صفر في القطبين. وفي لندن السرعة هي 998 كيلومتراً في الساعة.

كان هذا اقتراحاً بأن الأرض ليست دائرية تماماً. فبحسب نظرية نيوتن، إن القوة النّابذة لدوران الأرض يجب أن تنتج تسطحاً ضئيلاً في القطبين وانتفاخاً عند خط الاستواء، مما سيجعل الكوكب مفلطحاً قليلاً. كان هذا يعني أن طول درجة خط الزوال لن تكون نفسها في إيطالية كما كانت في أسكتلندة. وسيقصر الطول حين تبتعد عن القطبين. كانت هذه أنباء طيبة لأولئك الأشخاص الذين كانت قياساتهم للكوكب تستند إلى افتراض أنه كرة تامة، وكان الجميع يأخذون بذلك.

حاول الناس طوال نصف قرن استنتاج حجم الأرض، وذلك عبر القيام بجميع القياسات الدقيقة تقريباً. كان أحد أول تلك القياسات قد تم على يد عالم رياضيات بريطاني يُدعى رتشارد نورود. حين كان نورود شابّاً سافر إلى جزيرة برمودا ومعه ناقوس الغوّاصين المصنوع بحسب نموذج ناقوس هالي، ناوياً أن يجني ثروة من استخراج اللآلئ من حوض البحر. أخفقت الخطة لأنه لم يكن هناك لآلئ وعلى أي حال لم يعمل ناقوس نورود، ولكن نورود لم يكن من الأشخاص الذين يضيّعون تجربة. كانت برمودا في أوائل القرن السابع عشر معروفة جيداً بين قباطنة السفن بأنه من الصعب تحديد مكانها. كانت المشكلة هي أن المحيط كبير، وبرمودا صغيرة وكانت أدوات الملاحة غير ملائمة للتعامل مع هذا التغاير بنحو يبعث على اليأس. لم يكن هناك طول متّفق عليه للميل البحري. وبسبب اتساع المحيط تصبح الأخطاء الحسابية الأصغر كبيرة، بحيث إنّ السفن غالباً ما تفقد أهدافاً بحجم برمودا بهوامش كبيرة بشكل كريه. قرّر نورود، الذي كان حبّه الأول هو علم المثلّثات، ومن ثمَّ الزوايا، أن يدخل بعض الصرامة الرياضية إلى علم الملاحة، ومن أجل تلك الغاية صمّمَ أن يحسب طول الدرجة.

مبتدئاً بإدارة ظهره إلى برج لندن، أمضى نورود عامين وهو يتقدّم 208 أميال شمالاً إلى يورك، وهو يمدد المقياس السّلسلي ويقيس به وهو ذاهب، وكان طوال الوقت يقوم بالتعديلات الأكثر وسوسة لارتفاع وانخفاض الأرض وتعرّجات الطريق. وكانت الخطوة الأخيرة هي قياس زاوية الشمس في يورك في الوقت نفسه من اليوم وفي الوقت نفسه من السنة كما قام بقياسه الأول في لندن. استنتج من هذا أنه يستطيع تحديد

طول درجة من خط زوال الأرض، ومن ثمّ حساب المسافة حول الكلّ. كانت عملية طموحة بنحو مضحك تقريباً ذلك أن الخطأ في أدنى جزء من الدرجة سيؤدي إلى خطأ أميال كثيرة ولكن في الحقيقة – وكما قال نورود متباهياً – كان القياس صحيحاً «إلى مقدار ضئيل»، أو بدقة أكبر، إلى نحو ست مئة ياردة. و بلغ رقمه بالمصطلحات المترية 110.72 لكل درجة من القوس.

نُشر كتاب نورود العظيم عن فن الملاحة في 1637. حمل عنوان ممارسة البحّار وعثر على شهرة فورية. طُبع سبع عشرة طبعة وظل يُطبع مدة خمس وعشرين سنة بعد موته. عاد نورود إلى برمودا مع أسرته، حيث صار مزارعاً ناجحاً وكرّس ساعات فراغه لحبه الأول، علم المثلثات. عاش هناك ثمانية وثلاثين عاماً ونتمنى لو كان بوسعنا القول: إنه عاش هذه المدة في سعادة و إطراء. ولكنه لم يفعل ذلك. فحين خرج من إنكلترة وضع ولديه في كبين مع الموقّر ناثانييل وايت مما ألحق الأذى بالكاهن الشاب، المدة بحيث كرّس ما تبقى من حياته المهنية لاضطهاد نورود بأي طريقة صغيرة يستطيع التفكير بها.

سببت ابنتا نورود لأبيهما ألماً إضافياً ناجماً عن زواجهما غير الموّفق. فقد قام أحد الأزواج بتحريض من الكاهن باتهمات وضيعة متواصلة ضد نورود في المحكمة، مسبباً له كثير من الغضب واضطره إلى رحلات متكررة عبر برمودا؛ كي يدافع عن نفسه. أخيراً في خمسينيات القرن السادس عشر وصلت محاكمات السحر إلى برمودا، وأمضى نورود سنواته الأخيرة في قلق حادّ بحيث إنّ أوراقه عن علم المثلثات، برموزها المبهمة فُسِّرتْ كاتصالات مع الشيطان ونفذ به حكم الإعدام المقيت. وهكذا فإن القليل معروف عن نورود بحيث يمكن القول: إنه كان يستحق سنواته الأخيرة الشقية. وما هو صحيح بنحو مؤكد هو أن هذا ما حدث له.

في غضون ذلك، انتقل زخم تحديد محيط الأرض إلى فرنسة. هناك، استنبط عالم الفلك جان بيكار منهجاً معقداً ومهماً في القياس المثلثاتي يتضمن ذوات الرّبع* والساعات ذات الرقاصات، وأجزاء عليا من السماء وتلسكوبات (لرصد حركات قمر

* أداة تُستخدم في الفلك والملاحة لقياس الارتفاع وتتألف من قوس مقسّم إلى 90 درجة.

المشـتري). وبعد عامين من التدحرج والقياس المثلثاتي في طريقه عبر فرنسة، أعلن في 1669 قياسـاً أكثر صحة هو 110.46 كيلومتراً لدرجة واحدة من القوس. كان هذا مصدراً عظيماً لفخر الفرنسيين ولكنه كان محمولاً على فرضية أن الأرض كانت كرة كاملة؛ الأمر الذي رفضه نيوتن.

ومـن أجل تعقيد المسائـل، بعد وفاة بيكار كرر فريـق الأب والابن، جيوفاني وجاك كاسينـي، تجـارب بيكار وكانت النتيجـة اقتراحاً بأن الأرض ليسـت أضخم عند خط الاستواء، وإنما في القطبين: بمعنى آخر، إن نيوتن مخطئ. هذا ما حثّ أكاديمية العلوم على إرسال بوجوير ولا كوندامين إلى أمريكة الجنوبية؛ كي يقوما بقياسات جديدة.

اختارا الأنديز لأنهما كانا بحاجة إلى القياس قرب خط الاستواء، لتحديد إن كان حقـاً هناك فرق في التكـوّر هناك، ولأنهما استنتجا أن الجبـال ستزوّدهما بإطلالات جيـدة. والواقع أن جبـال البيرو ضائعة باستمـرار في الغيوم، بحيـث إنّ الفريق كان مضطـراً للانتظار أسابيع من أجل مسح واضح مـدة ساعة. فضلاً عن ذلك، اختارا منطقـة هـي من بـين الأصعب علـى وجه الأرض. يشـير البيروفيـون إلى مشهدهم الطبيعـي باسم muy accidentado أي كثير الحـوادث وهو كذلك بالتأكيد. ولم يكن علـى الفرنسيـين أن يتسلّقا بعض أصعب الجبال في العالم الجبـال، التي استعصت حتّـى علـى بغليهما فحسب وإنمـا كان عليهما أيضاً كي يصـلا إلى الجبال أن يجتازا أنهاراً وحشية، ويشقّا طريقهما وسط الأدغال، ويقطعا أميالاً من الصحراء الحجرية المرتفعة، معظمها لا خرائط له وبعيد عن أي مصدر للمؤن. ولكن بوجوير ولا كوندامين كانـا عنيديـن وقد تمسّـكا بالمهمة طيلة تسعة أعـوام ونصف طويلـة وكئيبة وحارقة. وقبـل وقت قصير من إتمام المشروع، سمعا أن الفريـق الفرنسي الثاني – الذي يقوم بالقياسات في شمال إسكندينافيا (ويواجه صعوبات مماثلة، من المستنقعات الراكدة إلى قطـع الجليـد الطافية) – اكتشف أن درجة كانـت في الواقع أطول قرب القطبين، كمـا وعـد نيوتن. إن الأرض هي أضخم بثلاثة وأربعين كيلومـتراً حين تُقاس استوائياً مما هو الأمر حين تُقاس من القمة إلى القاع حول القطبين.

وهكذا أمضى بوجوير ولا كوندامين عقداً من الزمن تقريباً يعملان من أجل نتيجة لم يرغبا باكتشافها، كي يعلما فقط أنهما ليسا أول من اكتشفها. أتما مسحهما بكسل، مما أكّد أن الفريق الفرنسي الأول كان على صواب. ثم – (وكانا ما يزالان لا يتكلمان) – عادا إلى الساحل واستقلا سفينتين منفصلتين إلى الوطن.

هناك شيء آخر حدسه نيوتن في كتاب المبادئ وهو أن خيط فادنٍ معلّق قرب جبل سيميل بشكل ضئيل جداً نحو الجبل، متأثراً بالكتلة المغنطيسية للجبل وكذلك بكتلة الأرض. كانت هذه أكثر من حقيقة مثيرة للفضول.إذا قستم الانحراف بنحو صحيح واستنتجتم كتلة الجبل، فإن بوسعكم حساب الثابت الجاذبي الكوني أي القيمة الأساسية للجاذبية المعروف باسم (ج) ومعها كتلة الأرض.

حاول بوجوير ولا كوندامين القيام بهذا في جبل شمبورازو في بيرو، ولكنهما لم يُفلحا بسبب الصعوبات التقنية وشجارهما، وهكذا بقيت الفكرة معلقة طوال ثلاثين سنة أخرى إلى أن بعثها في إنكلترة نيفيل ماسكيلين، عالم الفلك الملكي. وفي كتاب دافا سوبل المشهور خطّ الطول، يُصور ماسكيلين بالمغفّل والوغد؛ لأنه أخفق في تقدير تألّق صانع الساعة جون هاريسون، ويمكن أن يكون هذا صحيحاً؛ ولكننا مدينون له بطرق أخرى لم تذكرها سوبل في كتابها، ومنها خطته الناجحة لوزن الأرض.

أدرك ماسكيلين أن لب المشكلة يكمن في العثور على جبل له شكل منتظم بما يكفي من أجل الحكم على كتلته. وبإلحاح منه، وافقت الجمعية الملكية على دعوة شخص جدير بالثقة؛ كي يسافر إلى الجزر البريطانية، ويرى إن كان يمكن العثور على جبل كهذا. عرف ماسكيلين تماماً هذا الشخص: إنه عالم الفلك والماسح تشارلز ماسون. صار ماسكيلين وماسون صديقين قبل إحدى عشرة سنة، بينما كانا منخرطين في مشروع لقياس حدث فلكي له أهمية عظيمة: مرور كوكب الزّهرة أمام الشمس. وقد اقترح إدموند هالي – الذي لا يتعب – قبل سنوات أنك إذا قست عمليات العبور هذه من نقاط مختارة على الأرض، تستطيع استخدام مبادئ المسح المثلثي لاستنتاج المسافة من الأرض إلى الشمس، ومن ثمّ كي تعاير المسافات إلى كل الأجرام الأخرى في المنظومة الشمسية.

إن عبور كوكب الزهرة - كما هو معروف - حدث غير منتظم لسوء الحظ. ويحصل مرتين كل ثماني سنوات، ومن ثم يغيب لقرن أو ما يقارب ذلك، ولم يحدث في مدة حياة هالي*. ولكن الفكرة احتدمت، وحين حدث العبور اللاحق في حينه في 1761 - تقريباً بعد عقدين من وفاة هالي - كان العالم العلمي في الواقع أكثر استعداداً مما كان عليه من قبل من أجل حدث فلكي.

انطلق العلماء إلى أكثر من مئة موقع في أنحاء الكوكب بغريزة المحنة، التي وسمت ذلك العصر: إلى سيبيريا و الصين وإفريقية الجنوبية وإندونيسيا وغابات وسكنسون، بين أمكنة أخرى كثيرة. أرسلت فرنسة اثنين وثلاثين راصداً، وأرسلت بريطانيا ثمانية عشر، وانطلق آخرون من السويد وروسية وإيطالية وألمانية وأيرلندة وأمكنة أخرى.

كانت هذه أول مغامرة علمية تعاونية في التاريخ، وقد واجهت المشكلات في معظم الأمكنة. عانى كثير من الراصدين من الحرب أو المرض أو غرقت سفنهم. وصل آخرون إلى وجهاتهم ولكنهم حين فتحوا صناديقهم وجدوا أن أجهزتهم محطمة أو أفسدتها الحرارة الاستوائية. ومرة أخرى بدا كأنه مقدر على الفرنسيين أن يقدموا معظم المشاركين غير المحظوظين المذكورين. فقد أمضى جان تشاب Jean Chappe شهوراً يسافر إلى سيبيريا بالعربة، والقارب ومركبة الجليد، معتنياً بأجهزته الحسّاسة عند كل قفزة مهلكة، فقط كي يجد المرحلة الأخيرة مسدودة بأنهار هائجة، نتيجة أمطار ربيعية غزيرة، التي سارع المحليون كي يحملوه مسؤوليتها بعد أن رأوه يوجّه أدوات غريبة نحو السماء. ولكن تشاب هرب ناجياً بحياته ولكن دون أدوات مفيدة.

وكان حظ غيوم لو جنتل أكثر سوءاً وقد لخّص تجاربه بشكل رائع تيموثي فيريز في كتابه بلوغ سن الرشد في الطريق اللّبنية. انطلق لو جنتل من فرنسة قبل سنة من الموعد؛ كي يرصد العبور من الهند ولكن نكسات مختلفة أبقته في البحر في يوم العبور - في أسوأ مكان - بما أن القياسات الثابتة مستحيلة في سفينة مهتزة.

واصل لو جنتل طريقه إلى الهند بشجاعة، كي ينتظر العبور اللاحق في 1796. وبما أنه كان أمامه ثماني سنوات كي يستعد، شيّد محطة رصد من المرتبة الأولى،

* سيحدث العبور اللاحق في حزيران 2004، واللاحق في 2012 . لم يحدث أي منها في القرن العشرين.

واختبر وأعاد اختبار أجهزته ووضع كل شيء في حالة استعداد تامة. وفي صباح العبور اللاحق، 4 حزيران 1796، استيقظ في يوم رائع؛ ولكن، حين بدأ كوكب الزهرة عبوره، انزلقت سحابة أمام الشمس وبقيت هناك طوال مدة العبور التي هي ثلاث ساعات وأربع عشرة دقيقة وسبع ثوانٍ.

حزم لو جنتل أدواته بوقار وانطلق إلى أقرب ميناء، ولكنه أصيب على الطريق بالزُّحار وظلّ مستلقياً طيلة سنة. كان ما يزال ضعيفاً، ولكنه أخيراً صعد إلى سفينة. وكانت على وشك التحطم بسبب إعصار مقابل الساحل الإفريقي. حين وصل أخيراً إلى الوطن، بعد إحدى عشرة سنة ونصف من انطلاقه – ودون أن ينجز أي شيء – اكتشف أن أقرباءه أعلنوا أنه مات في أثناء غيابه وقاموا بنهب مزرعته.

بالمقارنة، كانت خيبات الأمل التي واجهها الراصدون البريطانيون الثمانية عشرة المبعثرون خفيفة. رافق ماسون ماسحٌ شاب يدعى جريمياه دكسون و كانت علاقتهما على ما يبدو جيدة، إذ أنهما شكّلا شراكة دائمة. كانت التوجيهات تقتضي أن يسافرا إلى سومطرة ويضعا خريطة للعبور من هناك، ولكن بعد ليلة واحدة في البحر هاجمت فرقاطة فرنسية سفينتهما (وبالرغم من أن العلماء كانوا في مزاج تعاون دولي، فإن الأمم لم تكن كذلك). أرسل ماسون ودكسون رسالة إلى الجمعية الملكية منبهين أن الأمر خطير بنحو كريه في أعالي البحار، وتساءلا إن كان ينبغي أن يتم الأمر). لكنهما تلقيا إجابةً سريعةً يحتوي على توبيخ بارد، وأنه تم الدفع لهما وأن الجماعة العلمية تعتمد عليهما، وأن إخفاقهما في المتابعة سيؤدي إلى فقدانهما الذي لا يُعوّض لسمعتهما. اضطرا إلى الإبحار، ولكن على الطريق وصلهما أن سومطرة وقعت في يد الفرنسيين، وهكذا رصدا العبور بشكل غير كافٍ من رأس الرجاء الصالح. وفي طريق العودة إلى الوطن عرّجا على جزيرة القديسة هيلينا الأطلسية المعزولة، حيث قابلا ماسكيلين، الذي أعاقت السحابة رصده. شكّل ماسون وماسكيلين صداقة قويّة وأمضيا أسابيع ممتعة ومفيدة في رسم خرائط المد والجزر.

بعد ذلك حالاً، عاد ماسكيلين إلى إنكلترة، حيث أصبح عالم فلك ملكياً، أما ماسون ودكسون اللذان هما الآن على ما يبدو أكثر تأقلماً، فقد أمضيا أربع سنوات طويلة مهلكة

يمسحان طريقهما عبر 244 ميلاً من البرية الأميركية الخطرة؛ كي يحلّا نزاعاً على الحـدود بين مستعمرتي وليم بن واللورد بالتيمـور الشخصيتين بنسلفانيا وماريلاند. كانت النتيجة خط ماسون دكسون الشهير، الذي اكتسب فيما بعد أهمية رمزية كخط يفصـل بين الولايـات الحرة وولايـات العبيد. (بالرغـم من أن الخـط كان مهمتهما الرئيسة، فإنهما أيضاً أسهما في مسوحات فلكية عديدة، وبينها أكثر القياسات صحّة في القرن لدرجة خطّ الزوال، وكان هذا إنجازاً حقق لهما من الشهرة في إنكلترة أكثر بكثير من حل نزاع على الحدود بين أرستقراطيين فاسدين).

حـين عاد إلى أوروبة، أُجبر ماسكيلين ونظراؤه في ألمانية وفرنسة على قبول خاتمة أن قياسات العبور في 1761 كانت جوهرياً خائبةً. وكانت المفارقة أن إحدى المشكلات هـي كثرة عمليـات الرصد، التي حين جُمعـت سوية، غالباً ما برهنـت أنها متناقضة ومن المستحيل حلّها. وقام بالقياس الناجح لعبور كوكب الزهرة قبطان بريطاني غير معروف ولد في يوركشير يدعى جيمس كوك James Cook، الذي راقب العبور الذي تم في سنة 1769 من قمة هضبة مشمسة في تاهيتي، ثم ذهب كي يضع خريطة لأسترالية وطالـب بإلحاقهـا بالتاج البريطاني. لـدى عودته كان هناك ما يكفـي من المعلومات لعـالم الفلك الفرنسي جوزيـف لالاند Joseph Lalande كي يحسب أن متوسّط البعد من الأرض إلى الشمس كان أكثر بقليل من 150 مليون كيلومتر. (حدث عبوران آخران في القـرن التاسع عشر سمحا لعلماء الفلك أن يجعلوا الرقم 149.59 مليون كيلومتر، حيـث بقي منـذ ذلك الوقت). ونعرف الآن أن المسافـة الدقيقة هي 149.59780691 مليون كيلومتر. صار للأرض أخيراً موقع في الفضاء.

* * *

عاد ماسون ودكسون إلى إنكلترة كبطلين علميين، ولكنهما حلّا شراكتهما لأسباب مجهولـة. وبالرغم مـن تكرّر بروزهما في الأحـداث الإبداعية في علـم القرن التاسع عشر،فإنـه من الغريب أنـه لم يُعرف عنهما سوى قليل. لا يوجد صور لهما ولم يبقَ إلا بعض الإشارات المدوّنة. ويقول قاموس السِيَر الذاتية القومية عن دكسون بنحو خادع إنـه قيل: «إنه وُلـد في منجم للفحم»، ثم يـترك الأمر لخيال القارئ كـي يقدم ظرفاً

تفسيرياً قابلاً للتصديق، ويضيف أنه مات في دورمهم عام 1777. وبغض النظر عن اسمه وصداقته الطويلة مع ماسون، لا شيء أكثر من هذا كان معروفاً عنه.

كان ماسون أقل غموضاً بنحو ضئيل. نعرف أنه قبل عام 1772 وبطلب من ماسكيلين مهمة العثور على جبل ملائم من أجل تجربة الانحراف الجاذبي، وأخيراً أجاب أن الجبل الذي يحتاجون إليه موجود في الأراضي الأسكتلندية الوسطى المرتفعة، تماماً فوق (لوتش تي)، وكان يُدعي (تشيهاليون). لا شيء، على أي حال، سيغويه كي يمضي الصيف في مسحه. لم يعد أبداً إلى الميدان مرة ثانية. كانت حركته اللاحقة المعروفة في 1786 حين – بنحو مفاجئ وغامض – ظهر في فيلادلفيا مع زوجته وأطفاله الثمانية، وكان على ما يبدو على شفا الفقر المدقع. ولم يعد إلى أمريكة منذ أن أكمل مسحه هناك قبل ثماني عشرة سنة، ولم يكن لديه سبب معروف لوجوده هناك، ولم يكن هناك أي أصدقاء أو رعاة كي يرحّبوا به. بعد بضعة أسابيع وافته المنية.

بعد أن رفض ماسون مسح الجبل، وقع العمل على عاتق ماسكيلين. وهكذا عاش ماسكيلين مدة أربعة أشهر في صيف 1774 في خيمة في وادٍ أسكتلندي ضيق ومنعزل وبعيد وأمضى أيامه يدير فريقاً من الماسحين الذين قاموا بمئات القياسات من جميع المواضع الممكنة. واقتضى الأمر للعثور على كتلة الجبل من كل هذه الأرقام كمية كبيرة من الحسابات المملّة، التي انخرط فيها عالم رياضيات يُدعى تشارلز هتون Charles Hutton. غطّى الماسحون خريطة بأعداد كبيرة من الأرقام، وكلّ منها يُحدّد ارتفاعاً في نقطة ما في الجبل أو حوله. كانت كتلة مشوّشة من الأرقام، ولكن هتون لاحظ أنه إذا استخدم قلم رصاص كي يصل بين النقاط ذات الارتفاع المتساوي، فإنها ستصبح كلّها أكثر ترتيباً. وبالفعل، يستطيع المرء أن يفهم على الفور حجم الجبل الكلي ومنحدره. لقد ابتكر الخطّ الكفافي.

مقدّراً من قياساته لجبل تشيهاليون، حسب هتون كتلة الأرض بأنها تبلغ خمسة آلاف مليون مليون طن، ويمكن أن يُستنتج منها بنحو معقول حجم كل الأجرام الرئيسة في المنظومة الشمسية. وهكذا من هذه التجربة عرفنا حجم الأرض والشمس

والقمر والكواكـب الأخرى وأقمارها، وحصلنا على خطوط كفافيّة في الصفقة، وهذا ليس سيئاً مقابل عمل الصيف.

لم يقتنع الجميع بالنتائج، على أي حال. إن تجربة قياس تشيهاليون هو أنه لم يكن مـن الممكن الحصـول على رقم صحيـح دون معرفة الكثافة الفعليـة للجبل. من أجل التبسيط، افترض هتون أن للجبل كثافة الصخور العادية نفسها، وأكبر من كثافة الماء بمرتين ونصف، ولكن هذا التخمين لم يكن علمياً.

كان أحـد الأشخاص الذين ركـزوا تفكيرهم على المادة ريفيـاً يُدعى جون متشيل John Mitchel، سكن في قرية يوركشير المنعزلة ثورنهيل. وبالرغم من موقعه البعيد نسبيـاً والمتواضع، كان ميتشيل أحد أعظـم المفكرين العلميين في القرن الثامن عشر، وقد حظي باحترام كبير من أجل هذا.

فهـم ميتشيـل – بين أمـور أخرى كثيرة جـداً – الطبيعة التموّجية للـزلازل، وقام بكثير من البحث الأصيل في المغناطيسية والجاذبية، و تصوّر بنحو فائق للعادة تماماً، احتمـال وجـود الثقوب السوداء قبل 200 عام من أي شخـص آخر، وكانت هذه قفزة حتـى نيوتن لم يستطع القيام بها. وحين قـرّر الموسيقار المولود في ألمانية ويليم هرشل William Herschel أن اهتمامـه الأساسـي في الحيـاة هو علم الفلـك، استدار إلى ميتشيل كي يرشده في صناعة التلسكوبات، وكان هذا لطفاً أصبح علم الكواكب مديناً له به منذ ذلك الوقت*.

ولكن من بين كل ما أنجزه ميتشيل، لا شيء كان أكثر براعة وتأثيراً من آلة صمّمها وبناهـا لقياسـ حجم الأرض. ولسوء الحظ، وافتـه المنية قبل أن يتمكّـن من القيام بالتجارب، وعُهد بكل من الفكرة والأجهزة الضرورية إلى عالم لندني متألق ومتقاعد يدعى هنري كافندش Henry Cavendish.

يشكّل كافندش كتاباً بنفسه. فقد ولد في حياة من الترف الشهوي. كان جداه دوقين، علـى التعاقب، لكل مـن ديفونشير وكينت وكان أكثر العلماء الإنكليز موهبة في عصره،

* في 1781 أصبح هرشل أول شخص في الحقبة الحديثة يكتشف كوكباً. أراد أن يسمّيه جورج، على اسم الملك البريطاني، ولكن رغبته نُقضت. وبدلاً من ذلك دُعي أورانوس.

ولكنــه كان أغربهم أيضاً. ولقد عانى – كما عبّر أحد كتّاب سيرته – من الخجل، «إلى درجة تقارب المرض». وكان أي اتصال بشري بالنسبة له مصدراً للتعب الأكبر.

مرةً فتح بابه ليعثر على معجبه النمساوي – وقد وصل لتوّه من فيينا – عند العتبة. بـدأ النمساوي مثاراً يطري لــه المديح. تلقى كافندش الإطراءات لعدة لحظات وكأنها ضربـات مــن شيء حادّ، وحين لم يقدر على تلقّي أي إطراء إضافي، هرب سالكاً الممر ثم خرج من البوابة، تاركاً الباب الأمامي مفتوحاً على مصراعيه. ومرت عدة ساعات قبل أن يقبل العودة إلى ملكيته. حتى إن خادمه اتصل به مرسلاً رسالة.

كان يغامــر أحياناً ويخرج إلى المجتمع وخصصــ وقتاً للسهرات العلمية، التي كان يستضيفهـا عالم الطبيعـة العظيم السير جوزف بانكسـ Sir Joseph Banks. وكان يتم التوضيح دوماً للضيوف الآخرين أنه يجب ألا يُنظر إلى كافندش، أو يتم الاقتراب منــه مهمـا كان السبب. نُصح الذين جذبتهــم أفكاره بأن يقتربوا منــه وكأن ذلك تم بالمصادفـة وبأن «يتحدثوا وكأن الأمر في فراغ».إذا كانـت ملاحظاتهم جديرة علمياً يمكــن أن يتلقوا إجابة مغمغمةً، ولكنهم كانوا في غالب الأحيان يسمعون صوتاً قصيراً حاداً مزعجاً (يبــدو أن لصوته نبرة عالية)، ويستديرون ليجدوا فراغاً فعلياً ومشهد كافندش هارباً إلى زاوية أكثر هدوءاً.

سمحــت لــه ثروته وميوله إلى العزلــة أن يحوّل منزلــه في (كلابمهم) إلى مختبر ضخــم حيث استطاع أن يبحــث دون أن يزعجه أحد في جميع فروع العلوم الفيزيائية: الكهربـاء، والحــرارة، والجاذبيــة، والغــازات، وأي شــيء يتعلّق بتركيب المـادة. كان النصف الثاني من القرن الثامن عشر يتميّز بميل العقول العلمية إلى الاهتمام الكبير بالمواصفات الفيزيائية للأشياء الجوهرية الغازات والكهرباء خاصةً، وبدؤوا يرون ما يمكــن أن يفعلوه بها، وغالبـاً بحماس أكبر من العقل. ففــي أمريكة، جازف بنجامين فرانكلــين بحياته كما هو معروف عبر تطيير طائرة ورقيــة في عاصفة كهربائية. وفي فرنســة اختبر كيمــاوي يُدعــى بيلاتــر دو روسازييــه Pilatre de Rosazier اشتعال الهيدروجــين عن طريــق ابتلاع كمية ونفخها علــى اللهب المكشــوف، مبرهناً بضربة

أن الهيدروجين قابل للاشتعال بنحو انفجاري وأن الحاجبين ليسا بالضرورة سمة دائمة للوجه. وبدوره، أجرى كافندش تجارب أخضع فيها نفسه لصدمات كهربائية متدرّجة، منتبهاً بذكاء إلى المستويات المتزايدة للألم إلى درجة أنه لم يعد يستطيع التحكّم بوشيعته أو وعيه. وفي مجرى حياة طويلة، قام كافندش بسلسلة من الاكتشافات الرائعة بين أمور كثيرة، كان الشخص الأول الذي عزل الهيدروجين وأوّل من مزج بين الهيدروجين والأوكسجين كي يشكّل الماء. وكانت الأمور التي فعلها غريبة مثله. وكان يلمّح دوماً في أعماله المنشورة إلى نتائج تجارب لم يخبر أحداً عنها مما سبّب السخط الدائم لزملائه العلماء. لم يكن يشبه نيوتن في سرّيته فحسب، وإنما تجاوزه بقوة. وقد سبقت تجاربه في توصيل الكهرباء زمنها بقرن، ولكن لسوء الحظ بقيت غير مكتشفة إلى أن مرّ ذلك القرن. وبالفعل لم يُعرف الجزء الأكبر مما فعله حتى أواخر القرن التاسع عشر، حين تولّى عالم الفيزياء من كمبريدج جيمس كليرك ماكسويل James Clerk Mxwell مهمة تحقيق أبحاث كافندش، وفي ذلك الوقت كانت تعزى اكتشافاته للآخرين دوماً.

ومن بين كثيرٍ من الأمور، ودون أن يخبر أحداً، اكتشف كافندش أو توقّع قانون بقاء الطاقة*، وقانون أوم، وقانون دالتون عن الضغوط الجزئية، وقانون رختر عن النسب المتبادلة، وقانون لو للغازات، ومبادئ التوصيل الكهربائي. كانت هذه بعض إنجازاته فحسب. وقال المؤرخ العلمي ج.غ. غروسر J.G. Growther: إن كافندش أشار إلى «عمل كلفن وج.هـ. دارون عن تأثير الاحتكاك المدّي في إبطاء دوران الأرض، واكتشاف لامور، الذي نُشر في 1915، عن تأثير التبريد الجوي المحلي... وعمل بيكرينج عن خلائط التجميد، وبعض عمل روسبوم عن التوازن المغاير». وأخيراً، ترك مفاتيح قادت مباشرة إلى اكتشاف مجموعة العناصر المعروفة بالغازات الخاملة**، التي كان بعضها مخادعاً، بحيث إنّه لم يُكتشف آخر غاز منها حتى 1962. ولكن اهتمامنا

* مبدأ في الفيزياء يقول: إن الطاقة الإجمالية لأي نظام مادّي تظل ثابتة بصرف النظر عن التغيّرات الداخلية مهما تكن، وأن ما يختفي من الطاقة في أحد أشكالها يعاود الظهورَ في شكل آخر. المترجم.

** غاز فاقد النشاط، كيمائياً، فهو لا يثير أي تفاعل مع الأجسام التي يتّصل بها.

ينصبُّ هنا على تجربه كافندش الأخيرة المعروفة – حين في أواخر صيف 1797، وفي عمر السابعة والستين – أدار انتباهه إلى صناديق الأجهزة التي تركها له جون ميتشل بسبب احترامه العلمي له.

حين تم تجميع أجهزة ميتشل لم تبد كونها نسخة من القرن الثامن عشر من آلة نوتيلوس للتدريب على الأثقال. كانت تحتوي على الأوزان، والأوزان المضادة، والبندولات والمقابض والأسلاك الالتوائية. وفي قلب الآلة كان هناك كُرتان من الرصاص يبلغ وزنهما 350 رطلاً، تتدليّان قرب كرتين أصغر. وكانت الفكرة هي قياس الانحراف الجاذبي للكرتين الأصغر بواسطة الكرتين الأكبر، مما سيؤدي إلى القياس الأول للقوة المخادعة المعروفة باسم الثابت الجاذبي، الذي منه يمكن أن يُستنتج وزن الأرض (بحصر المعنى كتلتها)*.

ولأن الجاذبية تحفظ الكواكب في مدارها وتجعل الأشياء الساقطة تسقط وتنفجر، نميل إلى التفكير بها بوصفها قوة جبّارة، لكنها ليست كذلك في الحقيقة. إنها فقط جبارة بمعنى جمعي، حين يصدم شيء ضخم كالشمس، جرماً آخر كبيراً كالأرض. وفي مستوى أولي الجاذبية غير قوية بنحو فائق للعادة. ففي كل مرة تلتقط فيها كتاباً عن الطاولة أو قطعة نقدية عن الأرض، فإنك تتغلب دون جهد على الجهد الجاذبي لكوكب بأكمله. ما كان كافندش يحاول فعله هو قياس الجاذبية على هذا المستوى الذي هو بوزن الريشة.

كانت الرهافة هي الكلمة الأساسية. لا يمكن السماح لهمسة مزعجة بالدخول إلى غرفة تحتوي على الأجهزة، بحيث إنّ كافندش اتّخذ موقعاً في غرفة مجاورة، وقام بأرصاده بتلسكوب موجّه عبر ثقب. كان العمل دقيقاً بنحو لا يُصدق، وتضمّن سبعة عشر قياساً حساساً ومتداخلاً، استغرق إنجازها عاماً كاملاً.

* بالنسبة للعالم الكتلة والوزن شيئان مختلفان تماماً. فكتلتك تبقى نفسها أينما ذهبت، ولكن وزنك يتنوّع بحسب بعدك عن شيء ضخم كالكوكب. فإذا سافرت إلى القمر فستلاحظ أنك أخف وزناً ولكن ليس أقل كتلة. ولأسباب عملية، الكتلة والوزن هما الشيء نفسه على الأرض وهكذا يمكن أن يُعد المصطلحان مترادفين، على الأقل خارج غرفة الصف.

وحين أنهى أخيراً حساباته، أعلن كافندش أن وزن الأرض يبلغ أكثر بقليل من 13.000.000.000.000.000.000.000 رطل، أو ستة بلايين ترليون طن متري*، إذا استخدمنا القياس الحديث.

يمتلك العلماء اليوم تحت تصرّفهم آلات دقيقة جداً، بحيث يستطيعون معرفة وزن بكتيريا واحدة وحساسة جداً، وبحيث إنّ القراءات يمكن أن يزعجها شخص يتثاءب على بعد خمسة وسبعين قدماً، لكنها ليست أفضل بكثير من أجهزة كافندش في 1797. إن التقدير الأفضل الحالي لوزن الأرض هو 5.9725 بليون ترليون طن، والفرق هو نحو 1% عن رقم كافندش. المهم، هو أن هذا أكّد التقديرات التي قام بها نيوتن قبل 110 أعوام من كافندش دون أي دليل تجريبي مطلقاً.

على أي حال، عرف العلماء في أواخر القرن التاسع عشر بدقة كبيرة حجم الأرض وأبعادها وبعدها عن الشمس والكواكب؛ والآن، قدّم لهم كافندش – حتى دون أن يغادر منزله – وزنها. وهكذا يمكنكم أن تفكّروا أن تحديد عمر الأرض دقيق بشكل نسبي. فقد كانت المواد الضرورية متوافرة لهم في الواقع. ولكن كلا. إن البشر سيشطرون الذرّة ويخترعون التلفاز، والنايلون والقهوة السريعة قبل أن يستطيعوا تخمين عمر كوكبهم.

كي نفهم لماذا، ينبغي أن نسافر شمالاً إلى أسكتلندة ونبدأ مع رجل متألّق وعبقري، لم يسمع به سوى قلّة، هو الذي كان قد أبدع لتوّه علماً يُدعى الجيولوجيا.



* الطن المتري يعادل ألف كيلوغرام. المترجم.

الفصل الخامس

كسّارو الحجارة

في الوقت الذي كان فيه هنري كافندش يُكمل تجاربه في لندن، كان هناك على بعد أربع مئة ميل في أدنبرة نوع آخر من لحظة ختامية، كانت على وشك أن تحدث مع موت جيمس هتون. كانت هذه أنباء سيئة لهتون بالطبع، لكنها أنباء طيبة للعلم بما أنها فتحت الطريق لرجل يُدعى جون بليفر John Playfair كي يعيد كتابة عمل هتون دون خوف من الارتباك.

كان هتون – كما تفيد جميع الروايات – رجل الاستبصارات الأكثر عمقاً والأحاديث الأكثر حيوية، وكانت رفقته ممتعة، ولا يضاهيه أحد حين يتعلّق الأمر بفهم العمليات الغامضة البطيئة التي صاغت الأرض. ولسوء الحظ، لم يكن قادراً على وضع أفكاره في صيغة قابلة للفهم. كان، كما قال أحد كتّاب السيرة بحسرة: «غير موهوب لغوياً». وكان كل سطر كتبه يسبب النعاس. وهذا واضح في كتابه العظيم الذي نُشر 1795، بعنوان نظرية للأرض ببراهين ورسوم توضيحية، الذي يناقش... حسناً، شيئاً ما:

«إن العالم الذي نعيش فيه مؤلف من مواد، وليس من الأرض التي كانت الوريث المباشر للحاضر، ولكن من الأرض التي، في صعودها من الحاضر نعدّها بأنها الثالثة، التي سبقت الأرض التي كانت فوق سطح البحر، بينما كانت أرضنا الحالية ما تزال تحت مياه المحيط».

مع ذلك، أنشأ وحده، وببراعة، علم الجيولوجيا وغيّر فهمنا للأرض. وُلد هتون عام 1726 لأسرة أسكتلندية ثرية، وتمتّع بالراحة المادية التي سمحت له أن يمضي مدة طويلة من حياته في دورة موسّعة عبقرية من العمل الخفيف والتحسّن الفكري. درس الطبّ، لكنه لم يشعر بميل نحوه واختار بدلاً من ذلك الزراعة، التي عمل فيها بطريقة مسترخية وعلمية في عزبة العائلة في بروكشير، متعباً من الحقل والماشية،

انتقل في 1768 إلى أدنبرة، حيث أسّس عملاً ناجحاً منتجاً ملح النُّشادر من سخام الفحم، وشغل نفسه باهتمامات علمية متنوّعة. كانت أدنبرة في ذلك الوقت مركزاً للنشاط الفكري وقد استفاد هتون من جوها الغني. صار عضواً بارزاً في جمعية دُعيت نادي أويستر، حيث كان يمضي أمسياته في رفقة رجال مثل عالم الاقتصاد آدم سميث، وعالم الكيمياء جوزف بلاك والفيلسوف ديفد هيوم، وكذلك بعض الشرارات الزائرة مثل بنجامين فرانكلين وجيمس واط.

وبحسب تقاليد تلك الأيام، اهتمّ هتون بكل شيء تقريباً، من علم المعادن إلى الميتافيزيقيا. وقام بتجارب في المواد الكيماوية، واستقصى طرق تعدين الفحم الحجري وشق القنوات، وزار مناجم الملح، وتأمل في آليات الوراثة، وجمع المستحاثّات وقدّم نظريات عن الأمطار، وبنية الهواء وقوانين الحركة، بين أمور كثيرة. ولكن اهتمامه الأساسي انصبّ على الجيولوجيا.

ومن بين المسائل التي شدّت الانتباه في ذلك العصر الاستقصائي بنحو مسعور كانت مسألة حيّرت البشر مدة طويلة، وأعني لماذا كان يُعثر على أصداف البطلينوس ومستحاثات بحرية أخرى غالباً في قمم الجبال. كيف حصل ووصلت إلى هناك؟ إن الذين اعتقدوا أنّ لديهم حلاً انقسموا إلى معسكرين مختلفين. كان أحد المعسكرين يُعرف باسم النبتونيين Neptunists، الذين اقتنعوا أن كل شيء على الأرض – بما فيه الأصداف البحرية في الأماكن المرتفعة – يمكن أن يُشرح عن طريق ارتفاع وانخفاض مستويات البحر. اعتقدوا أن الجبال والتلال والسمات الأخرى قديمة قدم الأرض، ولم تتغيّر إلّا حين اندفعت المياه فوقها في أثناء مدد من الطوفان العالمي.

ولكن كان يعارضهم البلوتونيون Plutonists الذين قالوا: إن البراكين والزلازل – بين وسائط أخرى حية – تغيّر باستمرار وجه الكوكب ولكنها لا تدين بأي شيء للبحار المتقلبة. طرح البلوتونيون أيضاً أسئلة مهمة مثل: إلى أين تذهب المياه كلّها حين لا تطوف. لو كان هناك ما يكفي منها أحياناً لغمر جبال الألب، إذاً أين هي – بحق الله – في أثناء أوقات الهدوء، مثل الآن؟ اعتقدوا أن الأرض خاضعة لقوى داخلية عميقة، كما هو الأمر لقوى

سطحيــة. على أي حال، لم يستطيعوا أن يشرحوا بنحو مقنع كيف وصلت كل أصداف البطلينوس إلى هناك.

في أثناء الحيرة من كل تلك الأمور وصل هتون إلى سلسلة من الاكتشافات العميقة. فعبر النظر إلى أرض مزرعته، استطاع أن يرى أن التربة ناجمة عن حت الصخور وأن جزيئات هذه التربة تذهب بعيداً باستمرار، وتنقلها الجداول والأنهار، وتعيد إيداعها في أمكنــة أخــرى. وأدرك أنه لــو استمرت هذه العملية إلى خاتمتهــا الطبيعية لتآكلت الأرضــ وصغرت. مــع ذلك، في كل مكان حوله، كان هنـاك تــلال. وعلى ما يبدو يجب أن تكــون هناك عملية إضافية، نوع مــن التجديد والترقّي، ينشئ تلالاً وجبالاً جديدة لجعــل الدورة تستمر. إن المستحاثــات البحرية على قمم الجبال – كما قال – لم تُودع في أثنــاء الطوفانات، وإنما نهضت مع الجبال نفسها. وقــد استنتج أيضاً أن الحرارة التــي في باطن الأرض هي التــي خلقت الصخور والقارات ورفعت سلاسل الجبال. ولا نبالغ إذا قلنا: إن علماء الجيولوجيا لم يفهموا التعقيدات الكاملة لهذه الفكرة إلا بعد مئتــي عام، حين تبنّوا في النهايــة مفهوم الألواح التكتونية للأرض*. قبل كل شيء، ما اقترحتــه نظريات هتون هو أن العمليــات التي شكّلت الأرض تتطلّب زمناً طويلاً جداً، أكثر مما حلم به أي شخص بكثير. كان هناك ما يكفي من الاستبصارات هنا لتغيير فهمنا للكوكب بشكل كامل.

في عــام 1785 عبرّ هتون عن أفكاره في مقالة طويلــة قُرئت في اجتماعات متتالية للجمعيــة الملكية في أدنبرة. لكنها لم تشدّ انتباه أحد مطلقاً. وليس من الصعب معرفة السبب في ذلك. ونوضح لكم هنا جزئياً كيف قدّمها للقراء:

في إحــدى الحــالات، إن علّــة التشكيل هي في الجــرم المنفصل؛ ذلــك أنه، بعد أن حفّــزت الحرارة الجرم، فإنّه بفعــل رد فعل المادّة الملائمة تشــكّل الصدع الذي شكّل الشــقّ. وفي الحالــة الأخــرى مرة ثانيــة، إن العلّــة عرضيّة بالعلاقة مــع الجرم الذي تشــكّل فيه الصدع. لقد حدث التمزّق والانكسار الأكثر عنفاً؛ ولكن العلّة ما تزال غير

* ـ فرع من الجيولوجيا يبحث في المعالم التركيبية الكبرى للأرض وأسبابها. المترجم.

مكتشفة، ولا تظهر في الشق؛ إذ ليس في كلّ تمزّق وتصدّع للجرم الصلب لأرضنا، يُعثر على المعادن، أو المواد الملائمة للعروق المعدنية.

من نافلة القول: إنه لا أحد تقريباً من الجمهور امتلك أدنى فكرة عمّا كان يتحدث عنه هتون. وحين شجّعه أصدقاؤه كي يوسّع نظرياته، آملين أن يعبر عن الوضوح في صيغة أكثر شمولاً، أمضى هتون السنوات العشر اللاحقة في تحضير أعظم كتبه، الذي نُشر في جزأين سنة 1795.

وصل المجلدان إلى ألف صفحة تقريباً، وكانا - بنحو ملحوظ - أسوأ حتّى مما خشي منه أصدقاؤه الأكثر تشاؤماً. فبغض النظر عن أي شيء آخر، تألف نصف العمل المنجز من اقتباسات من مصادر فرنسية، وباللغة الفرنسية. كان المجلّد الثالث غير مغرٍ، بحيث إنّه لم يُنشر حتى عام 1899، بعد أكثر من قرن على وفاة هتون، ولكنّ الجزء الرابع الختامي لم يُنشر أبداً. إن كتاب هتون نظرية الأرض يعد أقل الكتب العلمية قراءة (أو على الأقل سيكون كذلك إن لم يكن هناك كتب أخرى كثيرة). أقرّ حتّى تشارلز ليل Charles Lyell، أعظم علماء الجيولوجيا في القرن اللاحق - الذي قرأ كلّ شيء - أنه لا يستطيع مواصلة قراءته.

ولحسن الحظ، كان لدى هتون كاتب سيرة يدعى جون بليفر John Playfair؛ كان أستاذ الرياضيات في جامعة أدنبرة وصديقاً حميماً لهتون، الذي لم يكتب بنثر جميل فحسب وإنما بفضل قضاء سنوات كثيرة إلى جانب هتون فهم أيضاً ما الذي كان هتون يحاول قوله، معظم الوقت. وفي 1802، بعد خمس سنوات من وفاة هتون، ألّف بليفر شرحاً مبسّطاً للمبادئ الهتونيّة تحت عنوان توضيحات للنظرية الهتونيّة في الأرض. وتم تلقي الكتاب بامتنان من قبل أولئك الذين كانت لديهم اهتمامات حقيقية في الجيولوجيا، الذين لم يكن عددهم كبيراً في سنة 1802. وكان هذا على وشك التغيّر، على أي حال.

في شتاء 1807 اجتمع ثلاثون شخصاً لهم هدف مشترك في لندن في فندق فريماسونس في لونج إيكر، وكوفنت بارك، لتشكيل نادي عشاء دُعي الجمعية الجيولوجية. اتّفقوا على اللقاء مرة في الشهر كي يتبادلوا الأفكار الجيولوجية في أثناء

تناول كأس أو اثنين من نبيذ جزيرة ماديرا وعشاء مرح. وقد رُفع ثمن العشاء قصداً إلى 15 شلناً؛ كي لا يأتي أولئك الذين لا يمتلكون سوى اهتمامات فكرية. وتوضّح حالاً أنــه كان هناك طلب لشيء أكبر، ولمقر دائم حيث يستطيع الناس أن يجتمعوا لمناقشة مكتشفات جديدة. وصل عدد الأعضاء إلى أربع مئة في مدة عقد تقريباً وكلهم سادة، بالطبــع وكانت الجمعيــة الجيولوجية تهدّد بــأن تطغى على الجمعيــة الملكية كجمعية علمية رئيسة في البلاد.

كان الأعضــاء يلتقون مرتين في الشهر من تشريــن الثاني إلى حزيران، حيث كان كلّ واحد منهم يسافر لقضاء الصيف في القيام بعمل ميداني. لم يكن هؤلاء أشخاصاً يمتلكــون اهتمامات ماليّة بالمعادن - أو حتــى أكاديميين - وإنما مجرّد سادة يمتلكون الثروة والوقت للانغماس في هواية على مستوى مهنيّ تقريباً. وبحلول 1830 كان هناك 745 منهم، ولن يشهد العالم مثيلاً لذلك.

مــن الصعــب أن نتصوّر هذا الآن، ولكــن الجيولوجيا أثارت القــرن التاسع عشر استحــوذت عليه بالمعنــى الإيجابي بطريقــة لم يفعلها أي علم من قبــل أو فيما بعد. وفي 1839، حــين نشــر رودرك مرتشيســون Roderick Murchison كتابــه النظام السليوري*، وهو دراسة مباشرة وجدّية إلى حد الملل لنمط من الصخور يُدعى صخور الطين البازلتية الرمادية، حقّق على الفور أفضل المبيعات، وطُبع أربع طبعات، بالرغم من أن النسخة كانت تكلّف ثمانية جنيهات، وكان أسلوبه مستعصياً على القراءة على غرار أسلوب هتون. (وكما قال داعم مرتشيسون، كانت تنقصه «الجاذبية الأدبية»). وحــين، -في عام 1841 - سافر العظيم تشارلز لِيَل إلى أمريكة؛ كي يلقي سلسلة من المحاضرات في بوسطن، كان يحضرها جمهور مؤلف من ثلاثة آلاف شخص كل مرة في مؤسســة لويل؛ كي يستمعوا إلى وصفه المهدّئ للزِّيوليت** البحري والاضطرابات الزلزالية في كامبانيا.

* ـ صفة للعصر الثالث من الدهر القديم. المترجم.

** ـ أيّ من مجموعة من سليكات الألومنيوم المائية تشتمل على صوديوم أو كلسيوم أو بوتاسيوم أو باريوم وعلى نســبة كبيرة من الماء.والزيوليتات معادن ليّنة نســبياً وتكون في الصخور البركانية ولا سيما البازلت. المترجم.

وفي أنحاء العالم الحديث المفكّر - ولا سيما في بريطانية - غامر رجال العلم وذهبوا إلى الريف؛ كي يقوموا بقليل من «تكسير الأحجار»، كما سمّوا الأمر. وكانت هذه عملية أُخذت على محمل الجد وكانوا يميلون إلى أن يلبسوا - بوقار ملائم - قبعات وبذلات سوداء، ما عدا الموقّر وليم بكلاند William Buckland من أكسفورد، الذي كان من عادته أن يقوم بعمله الميداني مرتدياً زيّه الأكاديمي.

لقد جذب الميدان كثيراً من الشخصيات الفائقة للعادة، وليس فحسب مرتشيسون الذي ذُكر سابقاً، الذي أمضى الثلاثين سنة الأولى من حياته يعدو وراء الثعالب، محوّلاً الطيور إلى أشلاء من الريش المتطاير بالخردق، ولم يظهر رشاقة ذهنية أكثر من الحاجة لقراءة صحيفة التايمز أو لعب دورة من ألعاب الورق. ثمّ اكتشف اهتمامه بالصخور وصار عملاقاً في التفكير الجيولوجي بسرعة مذهلة.

كان هناك أيضاً الدكتور جيمس باركنسون James Parkinson، الذي كان في بداية حياته اشتراكياً ومؤلّفاً لكثير من النشرات التحريضيّة بعناوين مثل «ثورة دون سفك دماء». وفي 1794 تورّط في مؤامرة بدت جنونية دُعيت «مؤامرة بندقية الهواء*»، خُطّط فيها لإطلاق سهم مسموم على الملك جورج الثالث في العنق وهو يجلس في مقعده في المسرح. استدعي باركنسون للتحقيق أمام مجلس شورى الملك وكان على شفا النفي مقيّداً إلى أسترالية قبل أن تُسقط عنه التهم. متبنّياً مقاربة للحياة أكثر محافظةً، وطوّر اهتماماً بالجيولوجيا وصار أحد الأعضاء المؤسّسين للجمعية الجيولوجية ومؤلّف نص جيولوجي مهمّ بعنوان البقايا العضوية للعالم السابق، الذي ظلّ يُنشر لنصف قرن. لم يسبّب أبداً أي مشكلات مرة ثانية. واليوم - على أي حال - نتذكّره من أجل دراسته التي أحدثت نقطة تحوّل في المرض الذي دُعي آنذاك بـ«الشّلل الارتجافي»، الذي عُرف بمرض باركنسون. كان لباركنسون سبب آخر ضئيل للشهرة. ففي 1785 أصبح أول شخص في التاريخ يكسب متحف تاريخ طبيعي في عملية بيع بالقرعة. والمتحف الذي يقع في حي ليشستر بلندن، أسّسه السير آشتون ليفر، الذي دفع نفسه إلى الإفلاس بسبب جمعه غير المكبوح للعجائب

* ـ بندقيةٌ دميةٌ للأطفال تُطلق فلّينةً وتُحدثُ صوتاً مفرقعاً. المترجم.

الطبيعيـة. حافظ باركنسون على المتحف حتى عام 1805، حين لم يعد يستطيع دعمه تم تحطيم المجموعة وبيعها.

لم تكن شخصية تشارلز ليل مهمة على غرار الآخرين لكنه كان أكثر تأثيراً منهم كلهـم مجتمعين. وُلد ليل في العام الذي توفيّ فيه هتون على بعد سبعين ميلاً فقط، في قريـة كينوردي. وبالرغم مـن أنه أسكتلندي المولد، فقد ترعـرع في الجنوب الأقصى البريطـاني، في الغابـة الجديـدة لهمبشير، لأن أمـه اقتنعـت أن الأسكتلنديين كانوا سكارى عقيمين. وكما كان نمط السادة العلماء في القرن التاسع عشر عامة، جاء ليل مـن خلفية الثروة المريحة والحيوية الفكرية. وكان والـده - الذي اسمه تشارلز أيضاً - يمتلـك الميزة غير العادية بكونه مرجعـاً أساسياً عن الشاعر دانتي وعن الطحالب. (وسمـي Orthotricium lyelli الـذي جلـس عليه معظـم زوّار الريـف الإنكليزي على اسمـه). اكتسب ليل مـن والده اهتمامـاً بالتاريخ الطبيعي ولكن هنـاك في أكسفورد حدث ووقع تحت تأثير الموقّر وليم بكلاند الذي كان يرتدي العباءة الفضفاضة بحيث بدأ ليل الشاب اهتمامه، الذي استمر مدى الحياة بالجيولوجيا.

كان بكلانـد شخصية غرائبيـة ساحرة. حقق بعض الإنجـازات الحقيقيّة، ولكنّه يُذكر بالقدر نفسه من أجل عاداته الغريبة. وقد نُوِّه به بنحو خاصّ من أجل مجموعة من الحيوانات البريّة، بعضها ضخم وخطر، سُمح لها بأن تتجوّل في منزله وحديقته، ومن أجل رغبته بمعرفة جميع حيوانات الخلق. وبحسب النزوات والمواد المتوفّرة، كان يمكـن أن يقدم للضيوف في منـزل بكلاند لحم الخنزير الغينـيّ، أو لحم الفئران في مخيض لبن وبيض، والقناف المشويّة أو الخيشوم المسلوق الآسيوي الجنوبي الشرقي. كان بكلاند يعدّها كلها جيدة، باستثناء خلد الحديقة الشائع، الذي أعلن أنه مقرف. أصبح المرجع الرئيس في النَّجْو المستحجِر* وقد كان لديه طاولة مصنوعة بنحو كامل من مجموعته من العيّنات.

أظهـر فذاذة حتى حـين قام بأبحاث علميـة جدّية على طريقته. مـرة استيقظت السيـدة بكلاند مهتـزة في منتصف الليـل، وكان زوجها يصرخ مثـاراً: «يا عزيزتي،

* ـ روث حيوانات متحجّر في طبقات الصخور. المترجم.

أعتقد أن آثار أقدام التشيروثيريوم Cheirotherium هي دون شك كآثار أقدام السلاحف». فأسرعا إلى المطبخ في ثياب النوم. صنعت السيدة بكلاند عجيناً من الطحين، ومددته على الطاولة، بينما أحضر الموقّر بكلاند سلحفاة الأسرة. وضعها على العجين، جعلاها تمشي إلى الأمام واكتشفا بمتعة أن آثار أقدامها تطابق فعلاً تلك المستحاثة التي كان بكلاند يدرسها. اعتقد تشارلز داروِن أن بكلاند مهرّج كانت هذه هي الكلمة التي استخدمها، ولكن ليل وجده ملهماً وأحبّه بما يكفي كي يذهب معه في جولة إلى أسكتلندة في 1824. قرّر ليل حالاً بعد هذه الرحلة أن يهجر مهنة القانون ويكرّس نفسه للجيولوجيا بشكل كامل.

كان ليل حسير البصر وواصل معظم حياته بِحَولٍ مؤلم، مما منحه جوّاً مزعجاً. (أخيراً فقد بصره). كانت خصوصيته الأخرى هي أنه حين تشغله فكرة يتخذ وضعيات غير متوقعة على الأثاث فيستلقي على كرسيين أو «يريح رأسه على مقعد كرسي بينما هو واقف» (كما قال صديقه داروِن). وحين يستغرق في التفكير ينزل عن الكرسي بحيث إنّ الردفين يلامسان الأرض. كان عمل ليل الوحيد الحقيقي تدريس الجيولوجيا في كلية كينج في لندن من عام 1831 إلى 1833. ففي هذا الوقت تماماً ألف كتاب مبادئ الجيولوجيا، الذي طُبع في ثلاثة أجزاء بين عام 1830 و1833، وقوّى وأوضح بطرق عديدة الأفكار التي عبّر عنها أولاً هتون قبل جيل. (بالرغم من أن ليل لم يقرأ النصوص الأصلية لهتون، فإنّه كان تلميذاً ألمعياً للنسخة التي أعاد بليفر صياغتها).

نشأ جدل جيولوجي بين زمن هتون وزمن ليل، الذي عُلِّق بنحو كبير، وغالباً ما كان يُخلط بالجدل النبتوني البلوتوني القديم. وصارت المعركة الجديدة جدلاً بين نظرية الجوائح* ومبدأ الاطِّراد**: وهذان مصطلحان غير جذّابين لجدل مهم استمرّ طويلاً. فالقائلون بنظرية الجوائح - كما يمكن أن تتوقّع من الاسم - اعتقدوا

* نظرية تذهب إلى القول: إن الكثرة الكبرى من معالم الأرض لا تعدو أن تكون ثمرة لعدّة أحداثٍ مفاجئة عالميّة الانتشار.

** القول: إنّ كل الظواهر الجيولوجية يمكن ردُّها إلى القوى الموجودة في عصرنا الحاضر التي ما فتئت تعمل بانتظام منذ نشأة الأرض. المترجم.

أن الأرض شكّلتها حوادث مفاجئة جائحيّة كالطوفانات - بنحو رئيس - لهذا غالباً ما يُجمع بنحو خاطئ بين النبتونية ونظرية الجوائح. كانت نظرية الجوائح مريحة بنحو خاص لرجال دين مثل بكلاند، لأنها سمحت لهم أن يدرجوا طوفان نوح التوراتي في مناقشات علمية جادّة. بالمقابل، اعتقد القائلون بمبدأ الاطّراد بأن التغيّرات التي طرأت على الأرض كانت تدريجية، وأن كل عمليات الأرض تقريباً حدثت ببطء، في مدد شاسعة من الزمن. كان (هتون) والد الفكرة قبل ليل بوقت طويل، ولكن ليل هو الذي قرأه معظم الناس، وهكذا أصبح في أذهان معظم البشر - آنذاك والآن - أب الفكر الجيولوجي الحديث.

اعتقد ليل أن تبدّلات الأرض كانت منتظمة وثابتة، وأن كلّ ما حدث في الماضي يمكن شرحه بأحداث ما تزال تحدث اليوم. لم يزدر ليل وأتباعه نظرية الجوائح فحسب، وإنما مقتوها. اعتقد القائلون بنظرية الجوائح أن الانقراضات كانت جزءاً من سلسلة استُؤصلت فيها الحيوانات بنحو متكرّر واستُبدلت بمجموعات جديدة، وهذا اعتقاد شبّهه عالم الطبيعة بنحو ساخر بالدورات الثلاثية المتعاقبة للعبة الهويست، التي في نهايتها يقوم اللاعبون بقلب الطاولة ويطلبون ورقاً جديداً. وقد كانت طريقة ملائمة جداً لشرح المجهول. وقد قال ليل بازدراء: «لم يكن هناك أبداً عقيدة قطعية محسوبة كهذه تولّد الكسل، وتثلّم شفرة الفضول الحادّة».

لم تكن أخطاء (ليل) غير المقصودة دون أهمية. فقد أخفق في أن يشرح بشكل مقنع كيفية تشكّل سلاسل الجبال، وأهمل جبال الجليد كعوامل تغيير. رفض قبول فكرة أجاسيز Agassiz عن العصور الجليدية ـ «تبريد الكوكب»، كما سمّاه رافضاً وكان واثقاً أن الحيوانات الثديية «سيُعثر عليها في أقدم مواقع المستحاثّات». ورفض فكرة أن الحيوانات والنباتات عانت من دمار مفاجئ، واعتقد أن جميع المجموعات الحيوانية الرئيسة: الثدييات والزواحف والأسماك وهكذا دواليك، تعايشت منذ فجر الزمن. ولكنه كانت يحتاج إلى البراهين في كل هذه الأمور التي ذهب إليها.

لا نبالغ حين نتحدث عن تأثير (ليل) الكبير. فقد طُبع كتاب مبادئ الجيولوجيا 12 طبعة في أثناء حياته واحتوى على أفكار صاغت التفكير الجيولوجي حتى القرن

العشريـن. أخذ دارون نسخة من الطبعـة الأولى معه في رحلة البيجل، وكتب فيما بعد أن «الأهميـة العظيمة لكتاب مبادئ الجيولوجيا هي أنـه غيّر نبرة عقل المرء برمّتها، ومـن ثـمّ حين يرى المرء شيئـاً لم يره (ليل) من قبل أبداً، فإن المـرء يراه بعينيه نوعاً ما». باختصار، اعتقد أنه إله تقريباً، كما فعل كثيرون في جيله. وهذه شهادة على قوة تحكّـم ليل بحيث إنّه في الثمانينيات، حين كان على علمـاء الجيولوجيا أن يتخلّوا عن جـزء فحسب من نظريته؛ كي يكيّفوا تأثير نظرية الانقراضات، فإن هذا قتله تقريباً. ولكن هذا يحتاج إلى فصل آخر.

في غضـون ذلـك كان لدى الجيولوجيا كثير من الفرز، ولـو لم يحدث كلّه بهدوء. فمـن البداية حاول الجيولوجيون تصنيـف الصخور بحسب المدة التي توضعت فيها، ولكن في غالب الأحيان كان هناك كثير من الخلافات المرّة عن: أين توضع الخطوط الفاصلة ولكنها لم تكن أطول من الجدل الذي استمرّ طويلاً، ودُعي بالجدل الديفوني العظيـم (منسـوب إلى ديفنشير في إنكلترة). وقـد أُثيرت المسألة حـين زعم الموقّر آدم سدجويـك مـن كمبرديج أن للعصر الكمبريّ طبقة مـن الصخر اعتقد رودريك مرتشيسون أنها تنتمـي مباشرة إلى العصر السِّيلوري. استمرّ الجدل سنوات وحميَ بشـكل كبـير. إن دي لا بيتش De la Beche كلب قذر، هذا مـا كتبه مرتشيسون إلى صديق في نوبة غضب نموذجية.

يُمكـن الحصـول على إحساس ما بقـوة المشاعر عبر عناوين فصـول كتاب مارتن ج.سـ. رودويـك الممتاز والرزين عـن المسألة، الجـدل الديفوني العظيـم. كان هنـاك عناويـن مسالمة مثل «ساحات جدل السادة» و«الكشف عـن جريويك»، وعناوين أخرى مثل «جريويـك مدافعاً عنه ومُهاجماً»، «توبيخات واتهامات مضادّة»، «انتشار شائعات كريهـة»، «ويفـر يرتدّ على هرطقته»، «وضـع الريفي الجلف في مكانـه»، وفي حال كان هناك أي شكّ بأن هذه حرب نجد عنواناً مثل «مرتشيسون يفتتح حملة أرض الراين». حُسـم القتـال أخيراً في عام 1879 حين قامت البعثـة البسيطة باكتشاف عصر جديد يُدعى العصر الأوردفيشي الذي وُضع بين العصر الكمبريّ والعصر السِّيلوري.

ولأنّ البريطانيــين كانوا الأكثر نشاطاً في الأعوام الأولى في هذا الفرع من المعرفة، فإن الأسماء البريطانية كانت مهيمنة في المعجم الجيولوجي. وكلمة ديفوني هي بالطبع مــن المنطقــة الإنكليزية التي تدعى ديفونشير. أتت كلمــة كمبريّ من الاسم الروماني لويلز، بينما أتت كلمة الأوردفيشي والسيلوري من قبيلتين ويلزيتين هما الأوردفيشيون والسيلوريــون. ولكن مع تصاعد التنقيب الجيولوجــي في أمكنة أخرى، بدأت الأسماء تزحف من جميع الأنحاء. تشير كلمة جوراسي إلى جبال جورا على الحدود بين فرنسة وسويسرا. وتذكّر كلمة البرمي Permian بالمنطقة الروسية السابقة (بيرم) في جبال الأورال. وجــاءت كلمــة طباشيري cretaceous (من كلمــة طباشير اللاتينية) ونحن مدينــون لعــالم جيولوجيا بلجيكي ذي اســم طريف هو جــي دي أوماليوس دي هالوي J.J.d`Omalius d`Halloy.

قُســم التاريــخ الجيولوجــي في البدايــة إلى أربع مــدد من الزمــن: الأول والثاني والثالــث والرابع. وقد كان المنهج دقيقاً جداً بحيث استمر، وأسهم علماء الجيولوجيا في الحــال بتقسيمات جديدة بينمــا أزالوا أخرى. وخرجت المــدة الأولى والثانية من الاستخدام معاً، بينما نبذ بعضهم الرابعة واحتفظ بها بعضهم الآخر. ولم يبقَ اليوم ســوى المدة الثالثة كتسمية عامة في كل مكان، بالرغم من أنها لم تعد تمثّل مدة ثالثة من أي شيء.

أدخــل ليــل في كتابه المبادئ وحــدات إضافية تُدعى حقــب أو سلاسل كي يشمل مدة منذ عصــر الديناصورات، وبينها العصــر الحديث الأقــرب (البلستوسيني)، والعصــر الحديث القريــب (البليوسيني)، والعصر الثّلثي الأوســط (الميوسيني) وذلك الغامض بنحــو محبّب الــذي يدعى العصر الحديث اللاحق. وقد قصد ليــل بالأصل أن يستخدم كلمــة synchronous لنهاياتــه، مقدمــاً لنا تسميــات هشة مثــل Meiosynchronous وPleiosynchronous. وقام الموقّر (وليم ويويل) - وكان رجلاً ذا نفوذ - بالاعتراض على أســس اشتقاقية إيتمولوجية واقترح بدلاً من ذلك نسق «an-eous»، منتجاً Meioneous وPleioneous وهكذا دواليك. وكانت اللاحقة ـ cene نوعاً من التسوية.

وفي هذه الأيام – إذا ما تحدّثنا عموماً – يُقسم الزمن الجيولوجي إلى أربعة أقسام تعرف باسم الدهور: الدهر ما قبل الكمبري، والدهر القديم، والدهر الوسيط والدهر الحديث. وتُقسم هذه الدهور الأربعة أيضاً إلى عشرين مجموعة فرعية، تُدعى عادة العصور بالرغم من أنها أحياناً تُسمّى الأنظمة. وهي معظمها معروفة بشكل معقول: العصر الطباشيري، والعصر الجوراسي، والعصر الترياسي أو الثلاثي، والعصر السيلوري، وهكذا دواليك*.

ثم جاءت حقب ليل العصر الحديث الأقرب (البلستوسيني)، والعصر الثلثي الأوسط (الميوسيني) التي لا تنطبق إلا على السنوات الخمسة وستين مليون الأحدث (ولكن الأكثر انشغالاً على المستوى الإحاثي)؛ لدينا أخيراً التقسيمات الفرعية الأروع التي تُعرف باسم المراحل أو العصور. وسُمّيت معظمها بنحو متردّد دوماً، على أسماء أمكنة مثل الديموانية نسبة إلى دي موا، والإلينية نسبة إلى ولاية إلينيوي، والكرواكية والكيميريديـة، وهكذا دواليك. قال جون مكفي: إن عددها يصل إلى «عشرات الدزينات». ولحسن الحظ، إذا لم تكن الجيولوجيا مهنتك فإنك لن تسمع بأي من هذه مرة أخرى.

ما يزيد المسألة تعقيداً هو أن المراحل أو العصور في أمريكة الشمالية لها أسماء مختلفة عن أسماء المراحل في أوروبة، وتتقاطع معها في الغالب أحياناً في الزمن. وهكذا فإن المرحلة الأميركية الشمالية السنسناتية تتواشج في معظم الأحيان مع المرحلة الأشغيلية Ashgillian في أوروبة، إضافة إلى مدة قصيرة من المرحلة الكاردوسية Caradocian الأبكر بقليل.

يتغير كلّ هذا أيضاً من مقرر مدرسيّ إلى آخر ومن شخص إلى آخر، بحيث إنّ بعض المرجعيات تصف سبع حقب، بينما ترضى أخرى بأربع. وستجد في بعض الكتب أيضاً أنه تم حذف الثالث والرابع، واستبدلا بعصرين وبأطوال مختلفة يدعيان

* لن يحدث اختبار هنا، ولكن إن كان مطلوباً منك أن تحفظها غيباً يمكن أن ترغب بتذكّر نصيحة جون ولفورد المساعدة للتفكير بالدهور (ما قبل الكمبري، والقديم، والوسيط، والحديث) كفصول في سنة والعصور (البرمي، الترياسي، والجوراسي... إلخ.) على أنها الشهور.

الباليوجيني Palaeogene والنيوجيني Neogene. ويقسم آخرون ما قبل الكمبري إلى حقبتين، السحيق Archaean والفجري Proterozoic. وسترى أحياناً أن مصطلح الفانيروزي phanerozoic يشمل العصر الجينوزوي Genozoic والميسوزي Mesozoic، والباليوزي Palaeozoic.

فضلاً عن ذلك، لا ينطبق كل هذا إلا على وحدات الزمن. فالصخور تُقسم إلى وحدات تامة الانفصال تُعرف باسم الأنساق، والسلاسل والمراحل. ويحدث فرق أيضاً بين الأخير والمبكر (إشارة إلى الزمن) والأعلى والأدنى (إشارة إلى طبقات الصخور). ويمكن أن يصبح كل هذا مشوشاً بنحو مرعب لغير المختصّين، ولكن بالنسبة لعالم الجيولوجيا يمكن أن تكون هذه المسائل مسائل هيام». لقد رأيت أشخاصاً ناضجين يتوهّجون احمراراً من الغضب من هذه الميلثانية في تاريخ الحياة»، هذا ما كتبه عالم الإحاثة البريطاني رتشارد فورتي عن جدل في القرن العشرين استمر طويلاً عن: أين يقع الحد الفاصل بين العصر الكمبري والأردفيشي.

نستطيع على الأقل أن نحضر اليوم تقنيات تأريخ معقدة إلى الطاولة. ففي معظم القرن التاسع عشر، لم يستطع علماء الجيولوجيا الاعتماد على أي شيء سوى التخمين الآمل. وكان الموقف المخيّب آنذاك أنه بالرغم من أنهم يستطيعون وضع الصخور المتنوّعة والمستحاثات بالترتيب حسب العمر، غير أنهم لم يعرفوا كم كان طول أي من هذه العصور. وحين تأمّل بكلاند قِدم هيكل عظمي لزحافة الإكصور* لم يستطع أن يفعل أي شيء سوى أن يقترح أنها عاشت منذ «عشرة آلاف أو أكثر من عشرات الآلاف» من السنين.

وبالرغم من أنه لم تكن هناك طريقة موثوقة لتأريخ الدهور، لم يكن هناك نقص في الأشخاص الذين كانوا راغبين بالمحاولة. تمت المحاولة الأولى الأكثر شهرة في عام 1650، حين قام كبير الأساقفة (جيمس أشر) من كنيسة أيرلندة بدراسة متأنّية للكتاب المقدس ومصادر تاريخية أخرى، واستنتج في مجلّد ثقيل جداً دُعي حوليات العهد القديم أن الأرض خُلقت في منتصف النهار، في 23 تشرين الأول عام 4004 قبل

* زحافة بحرية منقرضة من رتبة الإكصوريات عاشت في الدهر الوسيط.

الميـلاد، وكان هذا تأكيداً سلّى المؤرخين وكتاب المقررات المدرسية منذ ذلك الوقت*. هنــاك أسطورة تُذكر دوماً بنحو عرضي نوقشــت في كثير من الكتب الجدّية مفادها، أن وجهات نظر أشر هيمنت على المعتقدات العلمية حتى القرن التاسع عشر، وأن ليل هو الذي صححها. ويذكر ستيفن جي جولد في كتابه سهم الزمن كمثال نموذجي هذه الجملـة المأخـوذة من كتاب مشهور مـن الثمانينيات: «قبل معظـم المفكرين فكرة أن الأرض كانت فتية إلى أن نشر ليل كتابه». غير أن هذا ليس صحيحاً. وكما عبّر مارتن ج.س. ردويك عن الأمر: «لم يناصر أي عالم جيولوجيا - من أي جنسية يحترم علماء الجيولوجيـا الآخرين - عمله مقياسـاً زمنياً محصوراً داخل حدود تأويل حرفي لسفر التكويـن». حتى الموقّر بكلانـد - الروح الورعة التي أنتجها القرن التاسع عشر - قال: إن الكتـاب المقدّس لا يوحـي في أي موضع بأن الله خلق السمـاوات والأرض في اليوم الأول، ولكـن فقط في «البدء». وقـال: إن ذلك البدء يمكن أنه استمر «ملايين الملايين من الأعوام». وافق الجميع على أن الأرض قديمة: ولكن كم يبلغ قدمها؟

جـاءت إحدى أفضل الأفكار في وضع موعد لخلق الكوكب من إدموند هالي الموثوق دومـاً، الـذي اقترح في 1717 أنـك إذا قسمـت الحاصل الكلي للملـح في بحار العالم علـى الكمية التي تُضاف كل يوم، فإنك ستحصـل على عدد الأعوام التي وجدت فيها البحـار، مما سيمنحك فكرة تقريبية عن عمر الأرض. كان المنطق رائقاً، ولكن لسوء الحـظ لم يعـرف أحد كم مـن الملـح كان في البحر أو كـم يزداد كلّ عـام، مما جعل التجربة غير عملية.

إن محاولـة القياس الأولى التي يمُكن أن تُدعى علمية بنحو كبير قام بها الفرنسي جـورج لويـس لوكلـير Georges – Louis Leclerc، وكونـت دي بفـون Comte de Buffon، في سبعينيـات القرن الثامـن عشر. كان من المعروف لوقت طويل أن الأرض تصدر كميات قابلة للتقدير من الحرارة كانت واضحة لكل من ينزل إلى منجم للفحم

• بالرغم من أن جميع الكتب في الحقيقة تجد له مكاناً فإن هناك تنوّعاً في التفاصيل المتعلقة بأشر. تقول بعض الكتب: إنه قام بإعلانه في عام 1650، وتقول أخرى: في 1664. وتذكر كتب كثيرة أن تاريخ بداية الأرض المشهورة هو 26 تشرين الأول. على الأقل كتاب واحد مهم يكتب اسمه أشر. وقد مُسحت المسألة بنحو ممتع في كتاب ستيفن جي ثمانية خنانيص صغيرة.

الحجـري، ولكن لم تكن هنـاك أي طريقة لتقدير نسبة التبدّد (فقد الطاقة). عمدت تجربـة بفـون إلى تسخين الأجـواء إلى أن تتوهّـج، وتصبح شديدة الاتقـاد ثم تقدير نسبـة فقدان الحرارة عن طريق لمسها (مـن المفترض بشكل خفيف جداً في البداية) وهـي تـبرد. وقد خمّن من هـذا أن عمر الأرض بـين 75,000 و 168,000 سنة. كان هـذا بالطبع تقديراً بخساً بشكل كبير، ولكنـه كان فكرة راديكالية، ووجد بفون نفسه مهدداً بالحرم الكنسي للتعبير عنه. وبما أنه رجل عملي، فقد اعتذر حالاً عن هرطقته الطائشة، ثم كرّر بمرح التأكيدات في كتاباته اللاحقة.

في منتصف القرن التاسع عشر اعتقد جميع العلماء أن عمر الأرض هو بضعة ملايين من السنين على الأقل، وربما نحو عشرات الملايين من السنين، وليس أكثر من هذا على الأرجـح. وهكـذا كان الأمر مفاجئاً حـين أعلن تشارلز داروين في عـام 1859 في كتابه أصـل الأنـواع أن العمليات الجيولوجية التي أنشأت الويلـد the Weald - وهي منطقة في جنـوب إنكلـترة - تمتد عبر كينت وسوري وسسيكس، استغرقت - وفق حساباته - 306,662,400 عاماً كي تكتمل. وكان التأكيد لافتاً للانتباه قليلاً؛ لأنه محدّد بنحو آسر ولكنه كان أكثر لفتاً للنظر؛ لأنه عارض الحكمة السائدة عن عمر الأرض*. وقد برهن هـذا أنه مثير للجـدل بحيث إنّ داروين سحبه من الطبعة الثالثـة لكتابه. ولكن المشكلة بقيـت في قلبه علـى أي حال. كان داروين وأصدقاؤه الجيولوجيـون بحاجة إلى أن تكون الأرض قديمة، ولكن لم يستطع أحد أن يبتكر طريقة لجعلها هكذا.

* * *

لسـوء حظ داروين، وحـظ التقدّم، انتبـه إلى المسألة اللورد كلفـن العظيم (الذي بالرغـم من أنـه كان عظيماً بنحو لا سبيل إلى الشك فيـه)، كان لا يزال آنذاك وليم طومسون البسيط؛ ولم يُرفّع إلى سجل النبالة حتى 1892 حين كان في الثامنة والستين مـن عمـره ويقترب من نهاية وظيفتـه، (ولكنني سأتّبع التقليد هنـا وأستخدم الاسم ارتجاعيـاً). كان كلفن أحـد الشخصيات الأكثر خرقاً للعـادة في القرن التاسع عشر

* كان داروين يحب الأرقام الدقيقة. ففي عمله اللاحق، أعلن أن عدد الديدان التي يمكن العثور عليها في دونم عادي من التربة الريفية الإنكليزية هو 53,767.

وبالفعل، في أي قرن. وكتب العالم الألماني هرمان فون هيلمهولتز Herman Von Helmholtz، الذي لم يكن غير كفء على المستوى الفكري، إن كلفن يمتلك حتى الآن أعظم «ذكاء ووضوح، وحراك فكري» من أي رجل سبق وقابله. «كنت أشعر أحياناً بالغباء التام إلى جانبه»، أضاف بقليل من الكآبة.

إن هذا الشعور قابل للفهم، ذلك أن كلفن كان حقاً نوعاً من السوبرمان الفكتوري. ولد عام 1824 في بلفاست، لأب كان أستاذاً للرياضيات في المؤسسة الأكاديمية الملكية الذي نُقل حالاً إلى غلاسكو. وهناك برهن كلفن أنه طفل عبقري، بحيث قُبل في جامعة غلاسكو تحت سن العاشرة. وفي الوقت الذي وصل فيه إلى أوائل العشرينيات، درس في مؤسسات في لندن وباريس، وتخرّج من كمبريدج (حيث فاز بجوائز الجامعة الأولى في سباق التجذيف والرياضيات، وعثر نوعاً ما على الوقت؛ كي يؤسس جمعية موسيقية أيضاً)، وانتخب زميلاً في بيترهاوس، وكتب بالإنكليزية والفرنسية دزينات من المحاضرات في الرياضيات الصرفة والتطبيقية تمتلك أصالة مدهشة، بحيث اضطر إلى نشرها دون اسم؛ خوفاً من مضايقة رؤسائه. وفي سن الثانية والعشرين عاد إلى غلاسكو كي يُعين أستاذاً جامعياً في الفلسفة الطبيعية، وكان هذا منصباً شغله في السنوات الثلاث والخمسين اللاحقة.

وفي مجرى وظيفة طويلة (عاش حتى 1907)، كتب 661 محاضرة، وراكم 69 براءة اختراع (جعلته ثرياً جداً) وحظي بالشهرة في جميع فروع العلوم الفيزيائية تقريباً. وبين أمور أخرى كثيرة، اقترح المنهج الذي قاد مباشرة إلى ابتكار التبريد، واخترع مقياس درجة الحرارة المطلقة* الذي لا يزال يحمل اسمه، واخترع مضخّمات التردد اللاسلكي التي سمحت للبرقيات أن تُرسل عبر المحيطات، وقام بتحسينات لا تُحصى للشحن وفن الملاحة، عبر اختراع بوصلة بحرية شعبية وابتكار أول مسبار للأعماق. وكانت هذه مجرد إنجازات عملية له.

* وهي درجة الحرارة المقيسة على أساس الصفر المطلق، أي حالة فقدان الطاقة الحرارية فقداناً كاملاً. وثمة مقياسان للحرارة المطلقة: أولّهما مقياس كلفن وهو مبني على أساس الدرجة المئوية أو السنتيغرادية، ومقياس رانكن وهو مبني على أساس الدرجة الفارنهايتية. المترجم.

إن عمله النظـري في الكهرومغنطيسية والديناميكا الحراريـة والنظرية الموجيّة، كان ثورياً بنحو مساوٍ*. ولم يرتكب إلا خطأً واحداً وكان هذا عدم القدرة على حساب العمـر الصحيح للأرض. وقـد شغلت المسألة كثيراً النصف الثـاني من مهنته، ولكن لم يقـترب مـن الصحة في ذلك أبداً. وقام بمحاولتـه الأولى في 1862 ونشر مقالة في مجلة شعبية تدعى ماكميلانز قال فيها: إن عمر الأرض 98 مليون سنة أو 400 مليون. وبـذكاء لافت أقرّ بأن حساباته يمكن أن تكون غـير صحيحة إذا كانت «المصادر التي هي الآن مجهولة بالنسبة لنا قد جُهّزت في مخزن كبير للخلق». ولكن كان واضحاً أنه اعتقد أن هذا غير مرجّح.

مـع مـرور الوقت سيصبـح كلفن أكثر مباشـرة في تأكيداته وأقـلّ صحّة. راجع باستمـرار تقديراتـه نزولاً من حد أعلى هو 400 مليون عام إلى مئة مليون عام، ثم إلى 50 مليوناً، وأخيراً في 1879 إلى 24 مليون عام. لم يكن كلفن عنيداً. كان الأمر ببساطة أنه لم يكن هنـاك أي شيء في الفيزياء يستطيع شرح كيف أن جرماً بحجم الشمس يمكن أن يحترق باستمرار لأكثر من بضع عشرات الملايين من الأعوام دون أن يستنفـد وقوده. يتبـع من ثم أن الشمس وكواكبها كانـت نسبياً، وبنحو لا مهرب منه فتيين.

وكانـت المشكلة هي أن جميع أدلة المستحاثات تتناقض مع ذلك، وفجأة كان هناك في القرن التاسع عشر كثير من أدلة المستحاثات.

---

* أوضـح بنحو خاص القانون الثاني للديناميكا الحرارية. تحتاج مناقشـة هـذه القوانين إلى كتاب كامل، ولكنني أقـدم هنـا هذا الملخّـص البسيط الذي قام به عـالم الكيمياء بي. دبليو. أتكينـز، فقط لتبسيطها: «هنـاك أربعـة قوانين. القانون الثالث منهـا، وهو القانون الثاني، عُـرف في البداية؛ الأول، القانون الصفري، صيغ فيما بعد؛ كان القانون الأول ثانياً؛ والقانون الثالث يمكن حتى ألا يكون قانوناً بالمعنى نفسـه كالقوانـين الأخرى»، وباختصـار، يقول القانون الثـاني: إن قليلاً من الطاقة يُبـدّد دوماً. لا تستطيـع الحصـول على أداة حركة دائمة لأنها مهما كانت فاعلة، فإنها ستفقد الطاقة دوماً وتُرهق في النهايـة. يقـول القانـون الأول: إنـك لا تستطيع أن تخلـق الطاقة ويقول الثالث: إنـك لا تستطيع اختـزال الحرارة إلى الصفر المطلق؛ سيكون هنـاك دوماً حرارة متبقية. وكما ينوّه دينيس أوفرباي: إن القوانـين الثلاثـة الرئيسة يعبّر عنها أحياناً بمزاح مثل (1) لا تستطيع أن تربح، (2) لا تستطيع حتى أن ترتاح، و (3) لا تستطيع الخروج من اللعبة.

الفصل السادس

التنافس العلمي العنيف

في عام 1787، اكتشف شخص في نيوجيرسي – يبدو كأنه نُسي الآن – عظم فخذ ضخماً وناتئاً عند ضفة جدول في مكان يُدعى وُدبري كريك. لم يكن العظم ينتمي إلى أي نوع من المخلوقات الحية، ولا سيما في نيوجيرسي. وقليلاً من الذي يُعرف الآن، يُظنّ أنه لهيدروصور، وهو ديناصور ضخم. كانت الديناصورات وفي ذلك الوقت مجهولة.

أُرسل العظم إلى الدكتور كاسبار ويستر، عالم التشريح الأبرز في البلاد، الذي وصفه في اجتماع للجمعية الفلسفية الأميركية في فيلادلفية في ذلك الخريف. ولسوء الحظ، أخفق ويستر بنحو كامل في التعرف على أهمية العظم، وقام فقط ببعض الملاحظات غير الملهمة بحيث كانت كذبة كبيرة. وهكذا خسر الفرصة كي يكون مكتشف الديناصورات قبل أي شخص آخر بنصف قرن. والواقع أن العظم لم يثر إلا انتباهاً قليلاً فوُضع في غرفة للخزن واختفى في النهاية. وهكذا فإن عظم الديناصور الأول الذي سبق واكتُشف كان أيضاً أول من نُسي.

إذا لم يكن العظم قد لفت انتباهاً أكبر، فإن هذا أكثر من محيّر؛ لأن ظهوره تمّ في وقت كانت فيه أمريكة في أوج الإثارة حيال بقايا الحيوانات القديمة الضخمة. وكان سبب هذه الإثارة تأكيداً غريباً قام به عالم الطبيعة الفرنسي العظيم كونت دي بفون، الذي كان يسخّن الأجواء كما ذكرنا في الفصل السابق مفاده، أن الأشياء الحية في العالم الجديد هي أدنى من تلك التي في العالم القديم. وكتب بفون في كتابه الضخم والمحترم كثيراً: «التاريخ الطبيعي» أن أمريكة أرضٌ مياهها آسنة، وتربتها عقيمة، وحيواناتها صغيرة الحجم وقليلة الحيوية، ومركّباتها ضعيفة بسبب «الأبخرة المزعجة» المنبعثة من مستنقعاتها النتنة وغاباتها المعتمة. ففي بيئة كهذه حتى السكان الأصليون الهنود يفتقرون إلى الرجولة. وقال بفون: «ليس للرجال لحية أو شعر على أجسادهم ولا تثيرهم الأنثى». وكانت أعضاؤهم التناسلية «ضامرة وضعيفة».

ومـن المفاجـئ أن ملاحظات بفون عثرت علـى مناصرين متحمّسـين بين الكتاب الآخريـن، ولا سيمـا أولئـك الذيـن لم تكـن استنتاجاتهـم تستند إلى معرفـة فعلية بالبـلاد. وأعلن هولندي يُدعى كورنيل دي بو في كتـاب شعبي يدعى «أبحاث فلسفية» عـن الأميركيين، أن الذكور الأمريكيين المحليين ليسوا ضعيفين تناسلياً فحسب، وإنما أيضـاً «يفتقـرون إلى الرجولة، بحيث إنّـه يوجد حليب في أثدائهـم». حظيت وجهات نظر كهذه باستمرارية غير مرجّحة وقد تكررت أو ترددت أصداؤها حتى نهاية القرن التاسع عشر تقريباً.

وبنحـو غـير مفاجئ، قوبلـت شتائم كهذه باستيـاء في أمريكة. وقـد قام توماس جيفرسـون بـرد غاضب (وإذا لم يفهم سياقه فإنه كان محـيّراً أيضاً) في ملاحظات عن ولاية فرجينية، وأقنع صديقه الذي من مهمبشير الجنرال جون سوليفان بإرسال عشرين جنديـاً إلى الغابات الشمالية للعثور على بلموظ؛ كي يُقدم لبفون برهاناً على قوة وهيبة رباعيـات الأرجل في أمريكة. وبحث رجلان لمدة أسبوعين للعثور على شيء مناسـب. وحـين أطلقت النار علـى البلمـوظ كان يفتقر لسوء الحـظ لقرنين مهيبين وصفهمـا جيفرسـون، ولكن سوليفان أحضـر عن دراية قرني ذبيحة مـن إلكة أو أيّل مقترحاً إرسالهما بدلاً من البلموظ. فمن في فرنسة سيعرف في النهاية؟

في غضـون ذلـك، بدأ علمـاء الطبيعـة في فيلادلفيـا مدينة ويسـتر بجمع عظام مخلـوق ضخم يشبه الفيل عُرف في البداية باسم «المجهول الأمريكي العظيم»، ولكنه سُمّـيَ فيمـا بعد - ولكن ليس بنحو صحيح - المامـوث. واكتُشفت العظـام الأولى في مـكان يُدعى بيغ بون ليك في كنتكي، ولكن في الحال كانت تظهر عظام أخرى الأنحاء جميعها. وتبيّن أن أمريكة كانت مرة موطن مخلوق قوي حقاً؛ مخلوق سيبطل بالتأكيد سجالات بفون الغاليّة الحمقاء.

وفي محاولاتهـم لشرح ضخامة ووحشية الحيوان المجهـول تبين أن علماء الطبيعة الأمريكيـين أمعنـوا في الشطـح. فقد ضخّموا حجمـه ستة أضعـاف ومنحوه مخالب مخيفـة، التي هـي في الحقيقـة لميجالونيكـس Megalonyx أو حيـوان أرضي ضخم يُدعـى الكسلان، عُثر عليه في الجوار. ومن اللافت أنهـم أقنعوا أنفسهم أن الحيوان

يتمتّع «برشاقة النمر ووحشيته»، وصوّروه في رسوم وهو ينقضّ برشاقة السنّور على الفريسة من فوق الجلاميد. وحين اكتُشفت الأنياب، وُضعت قسراً في رأس الحيوان بعدد من الطرق المبتكرة. وقام أحدهم بتثبيت الأنياب مقلوبة، مثل القط مسيّف الأنياب، مما منحه مظهراً عدوانياً بنحو مرضٍ. ورتّب آخر الأنياب بحيث إنّها التوت إلى الخلف بحسب النظرية القائلة بأن المخلوق كان مائيّاً واستخدمها، كي يرسو على الأشجار حين يكون نائماً. وكان الاعتبار الأكثر ارتباطاً بالحيوان المجهول هو أنه تبين أنه منقرض، وكانت هذه حقيقة تمسّك بها بفون بمرح كبرهان على طبيعته المنحطّة غير القابلة للجدل.

توفي بفون في عام 1788، ولكن الجدل استمرّ. ففي 1795 شقت عظام مختارة طريقها إلى باريس، حيث فحصها النجم الصاعد لعلم الإحاثة، الشاب الأرستقراطي جورج كوفييه Georges Cuvier. كان كوفييه يدهش الناس نظراً لعبقريته في تحويل أكوام العظام المتنافرة إلى أشكال. قال: إنه يستطيع وصف منظر وطبيعة حيوان من سن واحد أو قطعة من الفك، وغالباً ما يسمّي النوع والجنس في الصفقة. مدركاً أنه لم يفكّر أحد في أمريكة بتأليف وصف رسمي للوحش المدوّي، فعل كوفييه هذا، وهكذا أصبح مكتشفه الرسمي. وقد سمّاه المستودون* (مما يعني، بنحو غير متوقع أنه من القوارض).

ألّف كوفييه عام 1796 في المهم من الجدل، مقالة عدّت معلماً عنوانها ملاحظة عن نوع الفيلة الحية والمستحاثيّة، التي ذكر فيها للمرة الأولى نظرية رسمية عن الانقراضات. اعتقد أنه بين مدة وأخرى تمر الأرض في كوارث كوكبية تنقرض فيها مجموعات الكائنات. وأثارت الفكرة لدى المتدينين – وكان كوفييه منهم – معاني ضمنية غير مريحة بما أنها افترضت حالة عرضية غير قابلة للتفسير من قبل العناية الإلهية. من أجل أي غاية يخلق الله الأنواع؛ كي يقضي عليها فيما بعد؟ كانت الفكرة مناقضة للإيمان بسلسلة الوجود الكبرى، التي مفادها أن العالم مرتّب بعناية وأن كل مخلوق حي داخله له مكان وهدف، وكان له هذا دائماً ودائماً سيكون له. لم يستطع

---

* حيوان ثديي منقرض يُعدّ السلف الأول للفيل. المترجم.

جيفرسون تحمل فكرة أن الأنواع كلّها سوف يُسمح لها بالتلاشي (أو بالتطور). وهكذا حين قيل له: إنه يمكن أن يكون هناك قيمة علمية وسياسية في إرسال فريق، لاستكشاف الداخل الأميركي وراء المسيسبي قفز مثاراً من الفكرة، آملاً أن المغامرين الجسورين سيعثرون على قطعان من المستودونات ذات الصحة الجيدة وكائنات أخرى أكبر ترعى في السهول الخصبة. واختير سكرتير جيفرسون الشخصي وصديقه الموثوق ميريويزر لويس كقائد مشترك، مع وليم كلارك، وعالم طبيعة رئيس للبعثة. أما الشخص الذي اختير كي ينصحه بما يبحث عنه بخصوص الحيوانات الحية والميتة فلم يكن سوى كاسبار ويستر.

في العام نفسه في الحقيقة، في الشهر نفسه الذي كان فيه الأرستقراطي المحتفى به كوفييه يشرح نظرياته عن الانقراض في باريس، كان هناك في الجانب الآخر من القناة الإنكليزية رجل إنكليزي امتلك فهماً عميقاً لقيمة المستحاثات، التي ستكون لها أيضاً تشعبات مستمرة. كان وليم سميث مراقب بناء شاباً في قناة سومرست كول. وفي مساء الخامس من كانون الثاني 1796، كان يجلس في نزل للمسافرين في سومرست حين أتته فكرة صنعت شهرته. من أجل تأويل الصخور لا بد من وسيلة تواشج، من أساس تستطيع وفقاً له أن تقول: إن هذه الصخور الكربونيّة من ديفون هي أصغر في العمر من الصخور الكمبرية في ويلز. وكان سميث يعتقد أن الإجابة تكمن في المستحاثّات. فلدى كل تغيّر في طبقات الصخور تختفي أنواع معيّنة من المستحاثات، بينما تُنقل أخرى إلى مستويات لاحقة. وعبر معرفة الأنواع التي ظهرت في الطبقات المختلفة، بوسعك استنتاج الأعمار النسبية للصخور أينما ظهرت. معتمداً على معرفته كماسح، بدأ سميث فوراً وضع خريطة لطبقات الصخور في بريطانية، التي نُشرت بعد محاكمات عديدة في 1815، وصارت حجر زاوية للجيولوجيا الحديثة. (وقد رويت القصة بنحو شامل في كتاب سيمون وينشستر المشهور الخريطة التي غيّرت العالم).

ولسوء الحظ - بعد أن قام باكتشافه - كان سميث غير مهتم بنحو يثير الفضول بفهم لماذا الصخور موضوعة في الوضعية التي هي فيها. «لقد تركت التساؤل عن

أصل طبقات الصخور، وأرضيت نفسي بمعرفة أنها هكذا»، كما قال: «إن اللماذات والأسئلة عن الأمكنة (عمَّ، ممَّ) ليست ضمن مجال ماسح معادن».

زاد اكتشاف سميث بخصوص طبقات الصخور من الارتباك الأخلاقي بخصوص الانقراضات. فقد أكد أن الله يقضي على الكائنات ليس بالمصادفة وإنما بنحو متكرّر. وجعله هذا يبدو ليس غير مكترث بقدر ما هو عدواني. وجعل هذا من الضروري بنحو غير ملائم شرح لماذا تنقرض بعض الأنواع بينما تستمر أخرى دهوراً متعاقبة. ومن الواضح أن الانقراضات تنطوي على أكثر مما يمكن أن يفسّره طوفان نوحيّ واحد، كما كانت القصة التوراتية معروفة. حلّ كوفييه المسألة بطريقة أرضته، مقترحاً أن سفر التكوين لا ينطبق إلا على الطوفان الأحدث. وتبيّن أن الله لم يرغب بأن يضلّل أو يرعب موسى بأنباء عن انقراضات أولى سابقة لا علاقة لها بالموضوع.

وهكذا – في السنوات الأولى من القرن التاسع عشر – حظيت المستحاثات بأهمية معينة لا يمكن الهرب منها، مما جعل إخفاق (ويستر) في اكتشاف أهمية عظم الديناصور ينطوي على ما هو أكثر من الحظ السيئ. وفجأة بدأت العظام تظهر في جميع الأمكنة. وسنحت عدة فرص جديدة للأميركيين كي يزعموا أنهم من اكتشف الديناصورات، ولكنها ضُيِّعتْ كلها. وفي عام 1806 مرت بعثة لويس وكلارك في هيل كريك فورميشن في مونتانا، وهي منطقة كان يسير فيها صيادو المستحاثات فوق الديناصورات فيما بعد، فحصوا ما كان بوضوح عظام ديناصورات منطمرة في الصخور ولكنهم فشلوا في الاستفادة منها. وعُثر على عظام وآثار أقدام مستحاثية أخرى في وادي نهر كنيكتيكت في نيوإنجلاند، بعد أن قام فتى مزرعة يدعى بلينوس مودي باكتشاف آثار قديمة على سلسلة صخرية في ساوث هادلي، وماساتشوسيتس. بقيت بعض هذه العظام – ولا سيما عظام الأنكسيصوروس Anchisaurus – ضمن المجموعة الخاصة بمتحف بيبودي في ييل. وكانت العظام التي اكتشفت في 1818، عظام الديناصورات الأولى التي فُحصت وأُنقذت، ولكن لسوء الحظ لم تُعرف هويتها إلى عام 1855. وفي ذلك العام نفسه، 1818، توفي كاسبار ويستر، ولكنه حظي بخلود معيّن غير متوقّع حين سمّى عالم نبات يُدعى توماس نوتال شجيرة متسلّقة باسمه. وما يزال بعض النباتيين المتمسكين بالأعراف يصرون على لفظها كالآتي: وستاريا.

في ذلك الوقت – على أي حال – انتقل زخم علم الإحاثة إلى إنكلترة. ففي 1812 كان هناك في لايم ريجيس على ساحل دورسيت طفلة فائقة للعادة تُدعى ماري آننغ. كانت في الحادية عشرة من عمرها، أو في الثانية أو الثالثة عشرة، كما تقول المصادر المختلفة. عثرت على مستحاثة وحش بحري غريب طوله سبعة عشر قدماً ويُعرف الآن باسم الإكصور، وكان مطموراً في الجروف المنحدرة والخطرة على طول القناة الإنكليزية.

كان هذا بدء وظيفة لافتة للنظر. وقد أمضت آننغ السنوات الخمس والثلاثين اللاحقة وهي تجمع المستحاثات، وكانت تبيعها للزوّار. (وهناك اعتقاد شائع بأنها مصدر المقولة المشهورة: «تبيع الأصداف البحرية على شاطئ البحر». وقد عثرت أيضاً على البَلّصور*، وهو واحد من أوائل وأفضل التيرودكتيلات (الزواحف المجنّحة). وبالرغم من أن أياً من هذه لم يكن ديناصوراً بالمعنى التقني، لم يكن لهذا أي معنى في ذلك الوقت بما أن الجميع لم يكونوا يعرفون ما هو الديناصور. كان يكفي الإدراك أن العالم كان فيه مرة كائنات لا تشبه بشكل واضح أي شيء يمكن أن نجده الآن.

لم يكن الأمر أن آننغ كانت جيدة في العثور على المستحاثات فحسب بالرغم من أنه لم يكن يضاهيها أحد في ذلك، وإنما كانت قادرة على انتزاعها بالرشاقة الأفضل ودون أن تتأذّى. إذا حدث وسنحت لكم فرصة لزيارة قاعة الزواحف البحرية القديمة في متحف التاريخ الطبيعي في لندن، ألحّ عليكم أن تنتهزوها، إذ ما من طريقة أخرى لتقدير وزن وجمال ما أنجزته تلك الشابّة دون مساعدة من الأدوات الأكثر أساسية في ظروف مستحيلة تقريباً. وقد استغرق البلصور وحده عشرة أعوام من التنقيب الصبور. وبالرغم من أن آننغ كانت غير مدرّبة، إلا أنها كانت قادرة على تقديم رسوم وتوصيفات تنافسية للباحثين. ولكن بالرغم من مهارتها، كانت الاكتشافات المهمة نادرة وأمضت معظم حياتها في فقر مدقع.

سيكون من الصعب التفكير بشخص أُهمل أكثر من ماري آننغ في تاريخ علم الإحاثة، ولكن كان هناك واحد قريباً من حالتها بنحو مؤلم. كان اسمه جيديون ألجرنون مانتل وكان طبيباً ريفياً في سسيكس.

* ضرب من الزواحف البحرية المنقرضة. المترجم.

كان مانتل خليطاً هزيلاً مليئاً بالعيوب. كان مغروراً، ومستغرقاً في شؤونه الذاتية، ومتزمتاً ومهملاً لأسرته. ولكن لم يكن هناك عالم إحاثة أكثر التزاماً منه. كان محظوظاً بامتلاكه لزوجة مخلصة ومتنبّهة. ففي 1822 -وبينما كان يقوم بزيارة منزلية إلى مريض في ريف سسيكس- ذهبت السيدة مانتل في نزهة في زقاق في الجوار وعثرت في كومة من الحطام -تُركت لملء حفر في الطريق- على شيء مثير للفضول. كان حجراً بنياً ملتوياً، بحجم جوزة. ولأنها تعرف اهتمام زوجها بالمستحاثات، وظنت أنها يمكن أن تكون هذه واحدة منها، أخذتها إليه. عرف مانتل على الفور أنه سنّ مستحاثي، وبعد قليل من الدراسة تأكّد أنه من حيوان آكل للعشب وزاحف وضخم جداً طوله عشرة أقدام وهو من العصر الطباشيري. وكان مصيباً في جميع التفاصيل، ولكن هذه كانت استنتاجات جسورة بما أنه لا شيء من هذا القبيل شُوهد أو تم تصوّره من قبل.

مدركاً أن اكتشافه سوف يقلب رأساً على عقب ما فُهم عن الماضي، وبعد أن حثّه صديقه الموقّر (وليم بكلاند) الجامعي الذي يملك ميلاً تجريبياً أن يواصل بحذر، كرّس (مانتل) ثلاث سنوات مؤلمة؛ بحثاً عن الدليل لدعم استنتاجاته. أرسل السن إلى (كوفييه) في باريس التماساً لرأيه، ولكن الفرنسي العظيم عدّه سنّاً من فرس نهر. (اعتذر كوفييه فيما بعد بلباقة من أجل هذا الخطأ الفادح). في أحد الأيام -وبينما كان يقوم بالبحث في متحف هنتريان في لندن- دخل مانتل في حديث مع زميل في البحث أخبره أن السن يبدو شبيهاً بأسنان الحيوانات التي كان يدرسها، وهي الإغوانات الأميركية الجنوبية. وأكّدت مقارنة سريعة التشابه. وهكذا أصبح مخلوق مانتل هو الإغواندون (ديناصور ضخم عاشب)، على اسم عظاية استوائية لا يمت إليها بأي صلة.

حضّر مانتل كلمة كي يلقيها في الجمعية الملكية. ولسوء الحظ، تبيّن أنه تم اكتشاف ديناصور آخر في مقلع للحجارة في أوكسفورشير، وقد وُصف لتوه رسمياً من قبل الموقّر بكلاند، الرجل نفسه الذي حثّه على ألا يعمل بسرعة. كان الميغالوصوروس megalosaurus، وقد اقتُرح الاسم بالفعل على بكلاند من قبل صديقه الدكتور جيمس

باركنسون، الراديكالي المدّعي، الذي يُنسب إليه مرض باركنسون. ويمكن تذكر أن بكلاند، كان قبل أي شيء آخر عالم جيولوجيا، وقد أظهر ذلك في عمله على الميغالوصوروس megalosaurus. وفي تقريره لمحاضر جلسات الجمعية الجيولوجية في لندن قال: إن أسنان الكائن ليست مركبة مباشرة على عظم فكّه، كما في العظايات، ولكنها موضوعة في تجاويف، على طريقة التماسيح. ولكن بالرغم من أنه لاحظ ذلك كثيراً، أخفق بكلاند في إدراك ما كان يعنيه: أعني أن الميغالوصوروس كان نمطاً جديداً تماماً من المخلوقات. وهكذا فإن اكتشاف خط الكائنات القديم صار من حظ بكلاند بالرغم من أن مانتل يستحقه أكثر منه.

غير مدرك أن الخيبة ستظل سمة مستمرة في حياته، واصل مانتل بحثه عن المستحاثات وعثر على عملاق آخر، يدعى الهايليوصوروس hylaeosaurus، عام 1833. واشترى مستحاثات أخرى من الحجارين والمزارعين إلى أن صار لديه ربما أكبر مجموعة من المستحاثات في بريطانية. كان مانتل طبيباً ممتازاً وصيّاد عظام موهوباً، ولكن لم يكن قادراً على دعم الموهبتين. وبينما نما هوسه بالجمع، أهمل ممارسته الطبية. وفي الحال ملأت المستحاثات منزله كله في برايتون واستهلكت معظم دخله. وذهب جزء لا بأس به من دخله المتبقي إلى تمويل نشر كتب لم تكترث بها سوى قلّة. وقد باع كتاب توضيحات عن جيولوجيا سسيكس، الذي طُبع في 1827 خمسين نسخة وجعله يخسر 300 باوند وكان هذا مبلغاً يُحسب حسابه في تلك الأزمنة.

وفي حالة من اليأس خطرت لمانتل فكرة تحويل منزله إلى متحف يتقاضى أجراً مقابل دخوله، ثم أدرك متأخراً أن عملاً مرتزقاً كهذا سيدمر مركزه بوصفه سيّداً، ناهيك عن مركزه باعتباره عالماً. وهكذا سمح للناس أن يزوروا المنزل مجاناً. جاؤوا بالمئات، أسبوعاً بعد آخر، مقاطعين مهنته وحياته المنزلية. في النهاية أُجبر على بيع معظم مجموعته؛ كي يسدّد ديونه. بعد ذلك حالاً، هجرته زوجته آخذة معها أبناءه الأربعة. ومن اللافت أن مشكلاته كانت تبدأ فحسب.

في مقاطعة سندمهم في جنوب لندن، وفي مكان يُدعى كريستال بالاس بارك، ينتصب مشهد غريب ومنسيٌّ: نماذج لديناصورات بحجمها الطبيعي. لا يسافر كثير

مـن النـاسـ إلى هنـاك هذه الأيام، ولكن كان هذا المكان مرة الأكثر جاذبية في لندن. وكمـا قال رتشارد فورتي: كان أول حديقة ملاهٍ موضوعية في العالم. غير أن تفاصيل كثـيرة في النماذج غير صحيحة. فقد وُضع إبمهم الإغواندون على أنفه، على أنه نوع من الرزّة، وينتصب على أربع أرجل قويّة، مما جعله يبدو ككلب ضخم ومفرط النموّ. (في الحقيقـة لم يكن الإغواندون يدبُّ على أربع أرجـل، وإنما كان ثنائي القدمين). فإذا ما نظرت إليها اليوم من النـادر أن تخمّن أن هذه الوحوش الغريبة التي تتحرك بتثاقـل يمكـن أن تسبب حقداً كبـيراً ومرارة، ولكنها فعلت. ربمـا لا شيء في التاريخ الطبيعـي كان في مركـز أحقـاد أشد قـوة، واستمراريـة أكثر مـن الوحوش القديمة المعروفة باسم الديناصورات.

وفي وقـت بناء الديناصورات، كانت (سندمهـم) على حافة لندن وعدّت حديقتها الفسيحـة مكاناً مثالياً لإعادة بناء قصر الكريستال المثالي، البناء المؤلف من الزجاج وحديد الزَّهر الذي كان واسطة العقد في المعرض الكبير عام 1851، الذي أخذت منه الحديقة اسمها بنحو طبيعي. وشكّلتْ الديناصورات التي بُنيت من الإسمنت نوعاً من الجاذبية الإضافية. وفي مساء عيد رأس السنة عام 1853 أُعد عشاء لواحد وعشرين عالمـاً بـارزاً داخل الإغوادون غـير المنتهي. وإن جديون مانتـل – الرجل الذي اكتشف وعـرّف الإغـوادون – لم يكـن بينهم. وكان الشخـص الذي على رأسـ المائدة النجم الأعظم لعلم الإحاثة الفتي، كان اسمه رتشارد أوين وفي ذلك الوقت كان قد خصص عدة أعوام مثمرة في جعل حياة (جديون مانتل) جحيماً.

ترعـرع أوين في لانكسـتر، في شمال إنكلـترة، حيث تدرّب علـى الطب. كان عالم تشريـح بالولادة ومخلصاً لدراساته، بحيث إنّـه أحياناً كان يستعير بنحو غير شرعي أعضـاء من الجثث، ويأخذها إلى المنزل؛ كي يشرّحها من أجل اللهو. مرة، بينما كان يحمـل كيساً فيه رأسـ بحّار إفريقي انزلق أوين على حصـى الرصيف المبللة، وراقب بهلـع الرأس وهو يقفز بعيداً عنه في الزقاق ويدخـل الباب المفتوح لكوخ، حيث استقر في الردهـة الأمامية. ويمكـن تصوّر ما سيقوله أصحاب المنزل لدى رؤية رأس مقطوع تدحـرج وتوقف عند أقدامهـم. يفترض المرء أنهم لم يشكّلـوا أي استنتاجات مرعبة

مقدمـاً، بعد لحظة اندفع إلى الداخل شاب بـدا مذعوراً، استرد الرأس دون أن يتفوّه بكلمة وخرج مسرعاً.

في 1825، وفي سـن الحاديـة والعشرين فحسب، انتقل أويـن إلى لندن وانشغل في الحال بعد ذلك مع الكلية الملكية للجرّاحين؛ كي يساعد في تنظيم مجموعاتهم الكبيرة ولكن غير المنسقة من العيّنات الطبية والتشريحية. وقد ترك معظمها للمؤسسة جون هنـتر؛ الجرّاح المميّز والجامع الذي لا يكلّ للأشياء الطبية الغريبة، ولكنها لم تُجدول أبـداً أو تُنظّم، ويعود السبب في ذلك إلى أن العمل الورقي الذي يشرح أهمية كل منها ضاع بعد وفاة هنتر.

بـرز أوين بسرعـة بسبب قواه في التنظيـم والاستنتاج. وفي الوقـت نفسه بيَّـن أنه عالم تشريح لا نظير له، يمتلك غرائز لإعادة البنـاء مساوية تقريباً لكوفييه العظيم في باريس. وصار خبيراً في تشريح الحيوانات بحيث مُنح حق الشُّفعة* في البداية عن أي حيوان ينفق في حدائق الحيوانات في لندن، وكان يرسل إلى منزله كي يفحصه. ومرة عـادت زوجتـه إلى المنزل فشاهدت كركدنـاً نافقاً يملأ الصالة. وصـار أوين بسرعة خبيراً بارزاً في جميع أنواع الحيوانات الحية والمنقرضة، من خلود الماء، وقنافذ النمل وجرابيّـات مكتشفة حديثاً إلى طيور الـدودو سيئة الحظ والطيور العملاقة المنقرضة التـي تُدعى الموّة التي طافت في نيوزلنـدة إلى أن قضى عليها الماووريون**. كان أوين أوّل من وصف الطائر الأوليّ (الأركيوبتريكس) بعد اكتشافه في بافاريا في 1861، وأول مـن كتـب مرثية رسمية لطائر الدودو. وقد ألّف قريباً من ست مئة بحث في التشريح، وكانت هذه محصلة غزيرة.

ولكـن أوين يُذكر بسبب عمله مـع الديناصورات. وقد نحـت مصطلح ديناصوريا dinsauraia عـام 1841. وتعنـي «الزاحف المروع»، وكان هـذا اسماً غير ملائم بنحو غريـب. إن الديناصورات كما نعرفها اليوم لم تكن كلها مروعة: فبعضها لم يكن أكبر مـن الأرانب، وعلى الأرجـح كانت منطوية بنحو كبير، والشـيء الوحيد الذي لم تكنه

* حق قبول شيء أو رفضه قبل عرضه على الآخرين. المترجم.

** سكان نيوزلندة الأصليون. المترجم.

بنحـو مؤكد هو العظايات، التي هي بالفعل من نسب أقدم (بثلاثين مليون عام). كان أويـن يعرف جيـداً أن الكائنات من الزواحف وكان تحت تصرفـه كلمة يونانية جيدة herpeton، ولكنـه اختار لأحـد الأسباب ألا يستخدمها. والخطـأ الآخر الأكثر قابلية للعـذر (بسبب ندرة العيّنات آنـذاك) كان فشله في أن ينتبـه إلى أن الديناصورات لا تشكل نسقاً واحداً من الزواحف، بل اثنين: وهي الزواحف الطائرة والعظاءات.

لم يكـن أويـن شخصاً جذاباً في مظهره أو مزاجـه. وتكشف صورة له حين كان في منتصـف العمر أنـه كان كئيباً وشريـراً، كالوغد في ميلودراما فكتوريـة، بشعر طويل سبـطٍ وعينين منتفختين، كان وجهه يخيف الأطفال. وقد كان بارداً ومتغطرساً، وكان دون وازع في تعزيـز طموحـه. وكان الشخص الوحيد الـذي عُرف أن تشارلز دارون لا يطيقه. وحتى ابن أوين (الذي انتحر فيما بعد) شكا من «برودة قلب والده».

ولكن مواهبه الفذة كونه عالم تشريح سمحت له بأن يمر بأكثر الأكاذيب صفاقة. ففـي 1857 كان عـالم الطبيعة ت.هـ. هكسلي يقلب في طبعة جديدة من دليل تشرشل الطبـي، فانتبـه إلى أن أوين مسجّل كبروفسور في التشريح المقـارن والفسيولوجيا في المدرسـة الحكوميـة في ماينز، مما أدهش هكسلي بما أنـه كان هذا هو المنصب الذي يشغلـه هو. ولـدى التحقق من كيفية ارتكاب تشرشل لهـذا الخطأ الجوهري، قيل له: إنهـم حصلوا علـى المعلومات من الدكتـور أوين نفسه. كان هناك عـالم طبيعة زميل يدعى هيو فالكونر أمسك بأوين وهو يقتنص التكريم من أجل أحد اكتشافاته. واتهمه آخـرون باستعـارة عيّنات، ثم بإنكار ذلك فيما بعد. وقـد دخل أوين في نزاع مرير مع طبيب أسنان الملكة حول استحقاق نظرية تتعلق بفسيولوجيا الأسنان.

لم يـتردد أوين في اضطهاد أولئك الذين كرههم. وباكراً في مهنته استخدم نفوذه في الجمعيـة الحيوانية؛ كـي يطرد شاباً يدعـى روبرت جرانت، الـذي كانت جريمته الوحيـدة أنه أظهر وعداً بأن يصبح عالم تشريـح. ودُهش جرانت حين اكتشف فجأة أنـه مُنع من الحصول على العيّنات التشريحيـة التي يحتاج إليها للقيام بأبحاثه. فلم يقدر على مواصلة عمله، ودخل في إحباط غامض قابل للفهم.

لم يعانِ أحد مثل (جيديون مانتل) سيئ الحظ والمأساوي من مجاملات أوين غير اللطيفة. فبعد أن فقد زوجته وأبناءه ومهنته الطبية ومعظم مجموعته من المستحاثات، انتقل مانتل إلى لندن. وهناك، في عام 1841؛ العام المشؤوم الذي أنجز فيه أوين مجده الأعظم لتسمية وتحديد الديناصورات، تعرض مانتل لحادث مروع. فبينما كان يعبر (كلابمهم كومون) في عربة سقط من مقعده، وعلق بالأعنة وجُرّ بسرعة على الأرض الوعرة من قبل الأحصنة المسعورة. وقد تركه الحادث محنياً ومشلولاً وفي ألم مزمن، بعمود فقري مخرب لا يعالج.

انطلق أوين مستثمراً حالة مانتل الضعيفة، بشكل منهجي؛ كي يحذف إسهاماته من السجل، ويعيد تسمية الأنواع التي سمّاها مانتل قبل سنوات ويدّعي حق اكتشافها لنفسه. واصل مانتل القيام بالبحث الأصيل، ولكن أوين استخدم نفوذه في الجمعية الملكية لضمان رفض معظم أبحاثه. وفي 1852 انتحر مانتل غير قادر على تحمل المزيد من الألم أو الاضطهاد، أُزيل عموده الفقري المشوّه وأرسل إلى الجمعية الملكية للجراحين حيث -وهنا مفارقة لكم- وُضع في رعاية رتشارد أوين؛ مدير متحف هنتريان في الكلية.

لكن الإهانات لم تنتهِ تماماً. حالاً بعد وفاة مانتل، ظهرت نعرة شريرة بنحو لافت في ليتراري جازيت، صُوِّر فيها مانتل عالمَ تشريح عادي، اقتصرت إسهاماته المتواضعة في علم الإحاثة على «حاجة إلى المعرفة الدقيقة». وقد أزال في النعوة حتى اكتشاف الإغوادون من أعماله، ومنحه بدلاً من ذلك لكوفييه وأوين، من بين آخرين. وبالرغم من أن المادة لم تُذيّل باسم الكاتب إلا أن الأسلوب كان أسلوب أوين، ولم يشك أي شخص في عالم العلوم الطبيعية بالمؤلف.

في هذه المرحلة -على أي حال- بدأت انتهاكات أوين تؤثر عليه. وبدأ سقوطه حين قررت لجنة الجمعية الملكية التي كان رئيسها أن تمنحه جائزتها الأعلى، وهي الوسام الملكي، من أجل بحث كتبه عن حيوان رخويّ يُدعى السّيجارية؛ وهي محارة متحجّرة أشبه بالسيجار. وكما تقول ديبوراه كادبري في كتابها الممتاز الذي يؤرخ لتلك المدة بعنوان «الزاحف المروع»: «على أي حال لم يكن هذا البحث أصيلاً». وتبيّن

أن السِّيجارية قد اكتُشفت قبل أربع سنوات على يد عالم طبيعي يدعى تشانتج بيرس، وقد أذيع الاكتشاف بشكل كامل في اجتماع للجمعية الجيولوجية. كان أوين حاضراً في ذلك الاجتماع، لكنه امتنع عن ذكر ذلك حين قدّم تقريراً إلى الجمعية الملكية، وأعاد فيه -بشكل مقصود- تسمية الكائن باسم سيجاريّة أوين belemnites Owenii مانحاً لنفسه شرف الاكتشاف. وبالرغم من أنه سُمح لأوين بالاحتفاظ بالوسام الملكي، فإن الحادثة لطّخت سمعته بشكل دائم، حتى بين داعميه المتبقّين.

أخيراً نجح هكسلي في أن يفعل لأوين ما فعله أوين مع كثيرين آخرين: جعلهم يصوّتون على طرده من مجالس الجمعيات الحيوانية والملكية. وكي يتوّج العقوبة أصبح هكسلي الأستاذ الجديد في الكلية الملكية للجرّاحين.

لم يقم أوين بعد ذلك بأي أبحاث مهمة، ولكنه كرّس النصف الأخير من حياته العملية من أجل إنجاز واحد يعلو على النقد والاعتراض، يمكن أن نكون جميعنا ممتنين له من أجله. ففي 1856 صار رئيس قسم التاريخ الطبيعي في المتحف البريطاني، وصار القوة المحرّكة وراء إنشاء متحف التاريخ الطبيعي في لندن. إن ذلك المجمّع المهيب والجميل والقوطي في ساوث كنسنغتون، افتُتح عام 1880، ويشهد بشكل كامل على رؤيته.

قَبْلَ أوين، كانت المتاحف مصمّمة لاستخدام وتثقيف النخبة، وكانوا يجدون صعوبة في الدخول إليها. وفي الأيام الأولى للمتحف البريطاني، كان على الزوار المحتملين أن يقدّموا طلباً مكتوباً، ويخضعوا لمقابلة موجزة لتحديد إن كانوا ملائمين؛ كي يسمح لهم بالدخول. ثم كان عليهم أن يعودوا مرة ثانية كي يأخذوا بطاقة هذا، إذا نجحوا في المقابلة ثم يأتون مرة ثالثة للنظر إلى كنوز المتحف. حتى آنذاك كانوا يتجوّلون في جماعات ولا يُسمح لهم بالتريّث. كانت خطة أوين هي الترحيب بالجميع، إلى درجة تشجيع الموظّفين على الزيارة في الليل، وتخصيص معظم مساحة المتحف للعروض الشعبية. واقترح - على نحو جذري - أن يضع لصقات تحتوي على معلومات في كل مادة معروضة؛ كي يستطيع الناس معرفة ما يشاهدونه. ولكن على نحو غير متوقّع، عارضه في ذلك ت.هـ. هكسلي، الذي اعتقد أن المتاحف يجب أن تكون مؤسسات بحث

في الدرجة الأولى. وبتحويل متحف العلوم الطبيعية إلى مؤسسة للجميع، حوّل أوين توقّعاتنا حول هدف المتاحف.

مع ذلك، إن إيثاره للبشر لم يحرفه عامة عن المزيد من الخصومات الشخصية. وكانت آخر أفعاله الرسمية هي حشد الدعم ضد اقتراح لتشييد تمثال في ذكرى تشارلز داروين. لكنه أخفق في ذلك، بالرغم من أنه حقّق انتصاراً متأخراً غير مقصود. واليوم يقوم تمثاله بإطلالة متقنة من سلّم القاعة الرئيسة لمتحف العلوم الطبيعية، بينما وُضع تمثالا داروين وهكسلي لسبب غامض نوعاً ما في مقهى المتحف، حيث ينظران بجدّية فوق بشر يشربون الشاي ويأكلون الكعك المحلّى.

سيكون من المعقول افتراض أن خصومات روبرت أوين التافهة تشرح الأهمية المنخفضة لعلم الإحاثة في القرن التاسع عشر، ولكن الأسوأ، جاء هذه المرة من وراء البحار. ففي أمريكا، وفي العقود الأخيرة للقرن نشأت خصومة أكثر سميّة -هذا إن لم تكن أكثر تدميراً- بين رجلين غريبين لا يرحمان هما إدوارد درينكر كوب وأوثنييل تشارلز مارش.

كانا يشتركان في أمور كثيرة. كلاهما كان مُفسداً من الدلال، ومقوداً، وأنانياً، ومياّلاً إلى النزاع، وفاقداً للثقة، وغيوراً غير سعيد ودائماً. وتبادلا فيما بينهما عالم علم الإحاثة.

بدأا صديقين معجبين ببعضهما بعضاً، وكان يسميّان عيّنات المستحاثات باسميهما، وأمضيا أسبوعاً ممتعاً سوية في عام 1868. على أي حال، حدث خطأ ما بينهما لا أحد متأكد ما هو وفي العام الآتي نشأت بينهما عداوة تحوّلتّ إلى حقد استهلك ما في العقود الثلاثة اللاحقة. إنه لآمن من الأرجح القول: إنه لم يكن هناك اثنان في العلوم الطبيعية احتقرا بعضهما بعضاً أكثر منهما.

كان مارش -الأكبر بثمانية أعوام- شخصاً منعزلاً وقارئاً، لحيته مشذّبة وأنيق، وكان يمضي وقتاً قليلاً في العمل الميداني، ونادراً ما كان جيداً جداً في العثور على أشياء حين يكون هناك. ففي زيارة إلى حقول الديناصورات المشهورة كومو بلوف، في ويومنغ، لم يرَ العظام التي كانت -كما عبّر أحد المؤرخين- «تتناثر في كل مكان كالحطب». ولكن

كان لديه المال لشراء أي شيء يريده تقريباً. وبالرغم من أنه جاء من خلفية متواضعة كان والده مزارعاً في الجزء الشمالي من نيويورك، فقد كان عمه الغني الكبير والمموّل المسرف جورج بيبودي. وحين أظهر مارش ميلاً إلى التاريخ الطبيعي، بنى له بيبودي متحفاً في ييل وقدم له تمويلاً كافياً؛ كي يملأه بكل ما يهواه.

ولد كوب مباشرة في جو غني كان والده رجل أعمال غنياً من فيلادلفيا، وكان الأكثر ميلاً بين الاثنين إلى المغامرة. ففي صيف 1876 في مونتانا، بينما كان جورج أرمسترونغ كستر وقواته يُقتلون في ليتل بيك هورن، كان كوب يبحث عن العظام في الجوار. وحين قيل له: إن هذا ليس الوقت الأفضل لأخذ الكنوز من الأراضي الهندية، فكّر كوب للحظة وقرر أن يتابع بأي حال. كان يمر في موسم جيد جداً. فقد صادف فريقاً من هنود الكراو المثيرين للريبة، ولكنه نجح في ربحهم بإخراجه المتكرر لطقم أسنانه وإدخاله.

بعد عقد تقريباً، أخذت كراهية مارش وكوب المتبادلة شكل التعريض الصامت، ولكن في عام 1877 حلقت إلى ذروات جديدة. في ذلك العام عثر مدرس من كولورادو يدعى آرثر ليكس على عظام قرب موريسون بينما كان يتنزّه مع صديق. وبعد أن عرف أن العظام هي لـ«زاحف عملاق» أرسل ليكس بعد تفكير عيّنات منها إلى مارش وكوب. أرسل كوب المسرور 100 دولار إلى ليكس؛ لقاء أتعابه، وطلب منه ألا يخبر أحداً عن الاكتشاف، وخاصة مارش. طلب ليكس مشوشاً، من مارش أن يرسل العظام إلى كوب. فعل مارش هذا، ولكن هذه كانت إهانة لن ينساها أبداً.

حدد هذا أيضاً بداية حرب بين الاثنين صارت مريرة بنحو متزايد، وماكرة وسخيفة في غالب الأحيان. وقد انحدرت مرة إلى مستوى أن حفّاري أحد الفريقين كانوا يرمون الصخور على حفاري الفريق الآخر. وقد قُبض على كوب مرة وهو يسرق معلومات من الصناديق المفتوحة التي يملكها مارش. وقد أهانا بعضهما في مؤلفاتهما وازدريا مكتشفات بعضهما بعضاً. نادراً ما دُفع العلم بسرعة ونجاح أكبر من قبل العداوة. ففي السنوات العديدة اللاحقة زاد الاثنان من عدد أنواع الديناصورات المعروفة في أمريكة من تسعة إلى مئة وخمسين تقريباً. وقد عثرا تقريباً على جميع الديناصورات

التي يعرفها الإنسان العادي، عثرا على الأسطغوروس، والبرونتوصور، والديبلودوكوس، وثلاثي القرون*. ولسوء الحظ عملا بسرعة طائشة، بحيث إنّهما أخفقا في غالب الأحيان في ملاحظة أن اكتشافاً جديداً كان معروفاً في السابق. ونجحا سوية في «اكتشاف» نوع يُدعى Uintatheres anceps ليس أقل من اثنتين وعشرين مرة. استغرق الأمر سنوات لحل بعض أخطاء التصنيف التي ارتكباها. وبعضها لم يحل بعد.

كان تراث كوب العلمي أكثر أهمية من تراث مارش. فقد ألف طوال حياة مهنية مجهدة ساحرة نحو 1400 بحث علمي ووصف تقريباً 1300 نوع من المستحاثات (من جميع الأنواع، وليس الديناصورات فقط). وكان هذا أكثر من ضعفي محصلة مارش في كلتا الحالتين. كان من الممكن أن يفعل كوب أكثر من ذلك، ولكن لسوء الحظ انحدر بشكل متهوّر في سنواته الأخيرة. بعد أن ورث ثروة في 1875، استثمر دون حكمة في الفضة وخسر كل شيء. وانتهى به الأمر إلى الحياة في غرفة واحدة في مثوى في فيلادلفية، محاطاً بالكتب والأوراق والعظام. بالمقابل، انتهى الأمر بمارش إلى منزل رائع في نيو هيفن. توفّي كوب في 1897، ومات مارش بعده بعامين.

طوّر كوب في أعوامه الأخيرة اهتماماً آخر ممتعاً. كانت رغبته الجدية هي أن يُعلن بوصفه نموذجاً طرازيًّا للإنسان الحديث، أي أن تكون عظامه عيّنة رسمية للسلالة البشرية. عادة يكون النموذج الطرازي لنوع ما هو أول مجموعة عظام يتم العثور عليها، وبما أنه لم توجد مجموعة أولى من عظام الإنسان الحديث، كان هناك فراغ، رغب كوب بملئه. كانت رغبة غريبة وعبثية، ولكن لا أحد يستطيع التفكير بأي أسس لمعارضته. من أجل هذه الغاية، أوصى أن تُمنح عظامه لمؤسسه ويستر؛ وهي جمعية علمية في فيلادلفيا وهبها المنحدرون من كاسبار ويستر، الذي يبدو أنه لا يمكن الهرب من تأثيره. ولسوء الحظ -بعد أن جُهِّزتْ عظامه وجُمعت- اكتُشف أن فيها أعراض سفلس أولية، ولهذا لن يرغب المرء بحفظها على أنها نموذج طرازي للبشر الحديثين.

أما بالنسبة للممثلين الآخرين في هذه المسرحية، فقد توفي أوين في 1892، قبل كوب ومارش ببضع سنوات. أصيب بكلاند بالجنون وأنهى أيامه حطاماً مهذاراً في

* الاستثناء الملحوظ هو التيرانوصور الذي اكتشفه بارنوم براون في 1902.

مشفى للمجانين في كلابمهم، غير بعيد عن المكان الذي تعرّض فيه مانتل للحادث الذي أدّى إلى شلله. وبقي عمود مانتل الفقري الملتوي معروضاً في متحف هنتاريان تقريباً مدة قرن قبل أن تطمسه برحمة قنبلة ألمانية في البليتز. ما بقي من مجموعة مانتل بعد موته انتقل إلى أولاده ونُقل كثير منه إلى نيوزلندة من قبل ولده والتر، الذي هاجر إلى هناك في 1840. أصبح والتر مواطناً نيوزلندياً مميّزاً، وحصل في النهاية على منصب وزير الشؤون المحلية. وفي 1865 تبرّع بالعيّنات الرئيسة من مجموعة والده، وبينها سن الإغوادون المشهور، إلى المتحف الكولونيالي (الذي هو الآن متحف نيوزلندة) في ولنغتون، حيث بقيت هناك منذ ذلك الوقت. إن سن الإغوادون الذي بدأ الأمر كلّه والذي يُعدُّ بنحو مثير للجدل أهم سن في علم الإحاثة لم يعد معروضاً.

لم ينتهِ البحث عن الديناصورات بوفيات صيادي المستحاثات العظام في القرن التاسع عشر. فقد بدأ لتوّه إلى درجة مفاجئة. ففي عام 1898 -العام الذي يقع بين وفاة كوب ومارش- تم اكتشاف كنز هو الأعظم بين كل ما عثر عليه حتى الآن، في مكان يُدعى بون كيبن كواري، لا يبعد إلا عدة أميال عن أرض صيد مارش الرئيسة في كومو بلف، ويومنغ. هناك، مئات ومئات من العظام المستحاثية اكتُشفت ناتئة من التلال. كانت كثيرة جداً -في الحقيقة- بحيث إنّ أحداً ما بنى كوخاً منها ومن هنا جاء الاسم. استُخرج في الموسمين الأولين فحسب مئة ألف رطل من العظام القديمة من الموقع، وجاءت عشرات الآلاف من الأطنان الأخرى في السنوات التي أعقبت ذلك.

وفي مستهل القرن العشرين كان علماء الإحاثة يمتلكون أطناناً من العظام القديمة؛ كي يفحصوها. المشكلة هي أنهم لا يزالون يجهلون كم عمر أي من هذه العظام. والأسوأ، إن الأعمار المتفق عليها للأرض لا تستطيع أن تدعم بنحو مريح أعداد الدهور والعصور والحقب، التي احتوى عليها الماضي بوضوح. فلو كان عمر الأرض في الحقيقة فقط 20 مليون عام أو ما يقارب ذلك، كما ألح اللورد كلفن العظيم، لكانت أنظمة الكائنات القديمة كلها يجب أن تكون قد وُجدت، وانقرضت مرة ثانية عملياً في اللحظة الجيولوجية نفسها. وليس لهذا أي معنى.

فكّــر علماء آخرون على غــرار كلفن في المشكلة وخرجوا بنتائج عمّقت عدم اليقين فقط. وأعلــن ساموبل هوتون –عالم الجيولوجيا المحــترم، في كلية ترينيتي في دبلن– عمــراً مقدّراً للأرض وهو 2,300 مليون عام تجاوز كل ما اقترحه الجميع. حين جذب هذا انتباهه، أعاد الحساب مستخدماً المعطيات نفسها وجعل الرقم 135 مليون عام. وفكــر جــون جولي؛ الذي كان هو أيضاً في ترينيتــي، أن يجرب فكرة إدموند هالــي عن أمــلاح المحيط، ولكــن منهجه استند إلى كثــير من الافتراضــات المغلوطة، بحيث لم يصــل إلى نتيجة. حسب أن عمر الأرض 89 مليــون عام، وهذا عمر انسجم بما يكفي مع افتراضات كلفن، ولكنه لم يكن حقيقياً لسوء الحظ.

هكــذا كان التشوش بحيث إنّه عند اقــتراب نهاية القرن التاسع عشر، وبحسب المصادر المتنوعة، يمكنكم أن تعرفوا أن عدد السنوات التي فصلت بيننا وبين فجر الحيــاة المعقّدة في العصر الكامبري كان 3 ملايــين، 18 مليوناً، 600 مليون، 794 مليونــاً، أو 2,4 بليــون، أو عدد ما آخــر داخل التسلسل. وفي أواخــر 1910، جعلت أحد أكثر التقديرات احتراماً، التي قام بها الأميركي جورج بيكر، عمر الأرض 55 مليون سنة.

وحــين بــدت الأمور مشوشة جداً جاء رقم آخر فائقــاً للعادة بمقاربة جديدة. قدم فتى مزرعة نيوزلندي ذكي ومتألق – يدعى إرنست رزرفورد – دليلاً غير قابل للدحض بأن عمر الأرض كان على الأقل مئات كثيرة من ملايين الأعوام، وربما أكثر.

وبنحــو لافت، استند دليله علــى الخيمياء(*) التي كانت طبيعيــة، وتلقائية، وقابلة للتصديــق علمياً وغير خفية بنحو كامل ولكنها كانــت كيمياء. وتبيّن أن نيوتن لم يكن مخطئاً في النهاية. كيف صار هذا واضحاً بدقة هو قصة أخرى بالطبع.

* هي الكيمياء القديمة وكانت غايتها تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب. (المراجع).

الفصل السابع

مسائل عناصريّة

غالبــاً ما يُقال: إن الكيمياء كعلم جدي ومحترم بدأت في 1661، حين نشر روبرت بويل من أكسفورد كتابه عالِم الكيمياء الشكّاك، العمل الأول الذي ميّز بين الكيميائيين والخيميائيــين، ولكنَّ هــذا كان تحولاً بطيئــاً وعشوائياً في غالب الأحيــان. وفي القرن الثامــن عشــر كان الباحثون يشعــرون بالارتياح بنحو غريــب في كلا المعسكرين، على غــرار الألماني جوهان بيكر Johann Becher الــذي ألّف عملاً رصيناً يعلو على النقد عــن علم المعادن يُدعى فيزياء باطن الأرض، والــذي كان متأكداً أيضاً أنه لو توافرت المواد المطلوبة لاستطاع جعل نفسه غير مرئي.

ربمــا لا شيء يصوِّر الطبيعة الغريبــة والعرضية في غالب الأحيــان لعلم الكيمياء في أيامــه الأولى أكــثر من اكتشاف قام به ألمانيٌّ يُدعى هينــج براند Hennig Brand في 1675. صــار براند مقتنعاً أن الذهب يمكــن أن يُستخرج من البول البشري. (وبدا كأن التشابه في اللون كان عاملاً في استنتاجه). جمع خمسين دلواً من البول، وحفظه لشهور في قبوه. وعبر عمليات مبهمة متنوّعة، حوّل البول في البداية إلى عجينة كريهة ثم إلى مادة شمعية شفّافة. لم ينتج الذهب، بالطبع، ولكن حدث شيء غريب وممتع. بعــد مــدة، بدأت المــادة بالتوهّج. فضلاً عن ذلــك، حين تعرضت هذه المــادة للهواء، اشتعلت على الفور.

لم يضيّع التجار المتلهفون احتمال تسويق المادة التي صارت في الحال تُعرف باسم الفوسفــور، من الجذر اللاتيني واليونــاني، الذي يعني «حامل الضــوء» ولكن صعوبة التصنيــع جعلتهــا مكلفة جداً. كان سعر أونصة من الفسفــور ستة باوندات ربما 300 جنيه بعملة اليوم وكانت أغلى من الذهب.

في البداية، كان الجنود يُستدعون لتقديم المادّة الخام، ولكن ترتيباً كهذا بالكاد كان مفضياً إلى إنتاج على المستوى الصناعي. وفي خمسينيات القرن الثامن عشر، اخترع

عالم كيمياء سويدي يُدعى كارل سكيل Carl Scheele طريقة لصناعة الفوسفور بكميات كبيرة دون تلوث أو رائحة البول. وربما بسبب إتقان صناعة الفسفور صارت السويد -وما تزال- الأولى في إنتاج أعواد الثقاب.

كان سكيل شخصاً فائقاً للعادة وسيئ الحظ بنحو فائق للعادة في آن واحد. فهذا الصيدلي المتواضع الذي لم يكن يملك سوى القليل من الأجهزة المتطورة، اكتشف ثمانية عناصر: الكلورين والفلورين والمنغنيز والباريوم والموليبدنوم، والتنغستين، والنتروجين والأوكسجين ولم يحصل على شرف اكتشاف أي منها. وفي كل حالة، إما أُهملت مكتشفاته أو نُشرت بعد قيام شخص آخر بالاكتشاف نفسه بنحو مستقل. وقد اكتشف أيضاً كثيراً من المركّبات المفيدة وبينها الأمونيا والغلسيرين وحمض التّنيك، وكان أول من عرف الإمكانية التجارية للكلورين كمبيّض، وكانت هذه كلها فتوحات جعلت بشراً آخرين أثرياء بنحو يفوق الوصف.

كان خطأ سكيل الوحيد الملحوظ هو إصراره الغريب على تذوّق قليلٍ من كل شيء عمل عليه، بما فيه مواد غير متفقة كالزئبق وحمض الهيدروسيانيك (اكتشاف آخر له)، وهو مزيج سام واسع الشهرة بحيث إنّ إروين شروندجر اختاره بعد 150 عاماً في تجربة فكرية مشهورة (انظر ص 190). وأخيراً أودى تهوّر سكيل به. ففي 1786 -وفي سن الثالثة والأربعين- عُثر عليه ميتاً على مقعد عمله محاطاً بحشد من المواد الكيماوية السامة، وأي منها يمكن أن يفسر النظرة المدهوشة والمهلكة على وجهه.

لو كان العالم عادلاً ويتكلّم السويدية لتمتّع سكيل بشهرة كونية. وكما حدث، كانت الاحتفاءات من حظ علماء الكيمياء، وكان معظمهم من العالم الناطق بالإنكليزية. لقد اكتشف سكيل الأوكسجين في 1772، ولكن لعدة أسباب معقدة ومحطمة للقلب لم يستطع نشر أبحاثه في وقت مناسب. ذهب الشرف بدلاً من ذلك إلى جوزف بريستلي، الذي اكتشف العنصر نفسه على نحو مستقل، ولكن فيما بعد، وفي صيف عام 1774. وكان من اللافت أكثر هو عدم تلقي سكيل لشرف اكتشاف الكلورين. وما تزال جميع النصوص تقريباً تعزو اكتشاف الكلورين إلى همفري ديفي، الذي اكتشفه بالفعل، ولكن بعد ستة وثلاثين عاماً من سكيل.

وبالرغم من أن الكيمياء قد قطعت شوطاً طويلاً في القرن الذي فصل نيوتن وبويل عن سكيل وبريستلي وهنري كافندش، كان لا يزال أمامها طريق طويل. وحتى الأعوام الختامية للقرن الثامن عشر (وفي حالة بريستلي بعد ذلك بقليل) بحث العلماء في كل مكان، واعتقدوا أحياناً أنهم عثروا بالفعل على أشياء لم تكن هناك فحسب: أجواء فاسدة، وبقايا بحرية محترقة، وأحماض، وأعشاب معمّرة، ونثار معادن، ومزفورات يابسية مائية، وقبل كل شيء، اللاّهوب، المادة التي اعتُقد أنها العامل الفاعل في الاحتراق. وفي مكان ما في كل هذا، اعتُقد أنه تكمن أيضاً القوة الخلاقة؛ القوة التي أحيت الأشياء. لم يعرف أحد مكمن هذا الجوهر الأثيري، وكان هناك شيئان مرجّحان: إنك تستطيع أن تحيي الشيء الميت بصدمة كهربائية (الفكرة التي استغلتها ماري شيللي من أجل نتائجها النهائية في روايتها فرانكشتاين)؛ وإنها توجد في بعض المواد ولكن ليس في أخرى، ولهذا انتهينا بفرعين من الكيمياء: العضوية (لتلك المواد التي اعتُقد أنها تحتوي عليها) واللاعضوية (لتلك التي لم تحتوِ عليها).

كانت هناك حاجة إلى شخص مبدع؛ كي يجدد الكيمياء في العصر الحديث، وكان الفرنسيون هم الذين قدّموه. كان اسمه أنطوان لوران لافوازييه. وُلد في عام 1743، وكان عضواً من النبلاء الثانويين (أمّن والده لقباً للأسرة). وفي عام 1768 اشترى حصة جيدة في مؤسسة مزدراة جداً تُدعى المزرعة العامة، كانت تجمع الضرائب والأجور لصالح الحكومة. وبالرغم من أن لافوازييه كان بحسب كل الروايات لطيفاً وغير متحيّز، لم تكن المؤسسة التي عمل فيها هكذا. ذلك أنها لم تفرض الضرائب على الأغنياء بل على الفقراء، وغالباً بنحو اعتباطي. بالنسبة للافوازييه، كانت جاذبية المؤسسة هي أنها قدمت له الثروة؛ كي يواصل ملاحقة العلم الذي كرّس له حياته. في أوج عمله، كان دخله الفردي 150,000 لِّيفر* في العام، ما يعادل ربما 12 مليون جنيه بعملة اليوم.

بعد ثلاث سنوات من الانخراط في هذه المهنة المربحة، تزوج من ابنة أحد رؤسائه التي تبلغ الرابعة عشرة من عمرها. كان الزواج اجتماعاً للعقل والقلب. كانت المدام

---

* وحدة نقد فرنسية قديمة. المترجم.

لافوازييه تمتلك ذكاء حاداً وصارت في الحال تعمل بنحو مثمر مع زوجها. وبالرغم من متطلبات عمله وحياته الاجتماعية المشغولة، نجحا في معظم الأيام في أن يخصصا خمس ساعات للعلم، اثنتين في الصباح الباكر، وثلاثاً في المساء، بالإضافة إلى يوم الأحد كله، الذي سمّياه يوم السعادة. ونوعاً ما عثر لافوازييه أيضاً على الوقت؛ كي يكون مفوّض البارود، ويشرف على بناء سور حول باريس لردع المهرّبين، وساعد في اكتشاف النظام المتري وشارك في تأليف منهج الترميز الكيميائي الذي صار توراة للإقرار بأسماء العناصر.

وبوصفه عضواً بارزاً في الأكاديمية الملكية للعلوم، طُلب منه أيضاً أن يهتم بطريقة فاعلة بكل ما كان ذا علاقة بالأحداث الجارية: التنويم المغناطيسي، وإصلاح السجن، وتنفّس الحشرات، وتزويد باريس بالماء. وبسبب تمتّعه بقدرات كهذه تفوّه في عام 1780 ببعض الملاحظات ضد نظرية الاحتراق الجديدة، التي قدّمها إلى الأكاديمية عالم شاب طموح ورفضها. كانت النظرية خاطئة بالفعل، ولكن العالِم لم يسامحه أبداً. كان اسمه جان بول مارا Jean-Paul Marat.

كان الشيء الوحيد الذي لم يفعله لافوازييه أبداً هو اكتشاف عنصر في وقت بدا فيه أن أي شخص تقريباً لديه كوب الصيدلي، ولهب وبعض المساحيق المهمة، يستطيع أن يكتشف شيئاً جديداً. حينها، كان ثلثا العناصر دون اكتشاف وأخفق لافوازييه في اكتشاف عنصر واحد. لم يكن الأمر بالتأكيد بسبب الحاجة إلى كؤوس الصيادلة. كان لافوازييه يملك منها ثلاثة عشر ألفاً فيما كان –إلى درجة خارقة– أروع مختبر خاص في الوجود.

بدلاً من ذلك قام باكتشاف عناصر أخرى وجعلها مفهومة. رمى جانباً الفلوجستين والأجواء السامة وحدد طبيعة الأوكسجين والهيدروجين وأعطى كليهما اسميهما الحديثين. باختصار، أدخل الدقة والوضوح والمنهجية إلى الكيمياء.

جاءت أجهزته الخيالية بسهولة. شغل نفسه طيلة أربع سنوات هو وزوجته بدراسات عالية الدقة تتطلب أفضل المقاييس. حدّدا (مثلاً) أن الشيء الذي يصدأ لا يفقد

الـوزن، كمـا افترض الجميع لوقت طويل، ولكنه يكسب وزنـاً: وكان هذا اكتشافاً فائقاً للعادة. حين يصدأ الشيء، فإنه يجذب جسيمات أوليّة من الجو. كان هذا هو الإدراك الأول بـأن المادّة يمكن أن تحُوّل لكن لا تُـزال. إذا أحرقت هذا الكتاب الآن، فإن مادّته ستتحوّل إلى رماد ودخان، ولكن الكمية الصافية للمادة في الكون ستكون نفسها. وصار هـذا معروفاً باسم بقـاء المادة، وقد كان هذا مفهوماً ثوريـاً. ولسوء الحظ، تزامن مع نمط آخر من الثورة هو الثورة الفرنسية وفي هذه كان لافوازييه في الجهة الخطأ.

لم يكـن عضواً في المزرعة العامة المكروهة فحسب، وإنما بنى أيضاً بحماس السور الـذي أحاط بباريس، هذا الصـرح الذي كُره إلى درجة أنـه كان الشيء الأول، الذي هُوجـم مـن قبل المواطنين المتمرّدين. استثمر مارا هـذا في 1791 وبعد أن صار صوتاً بارزاً في المجلس الوطني. شجب لافوازييه وقال: إنه لم يفت الوقت على شنق لافوازييه، بعـد ذلك في الحال أغلقـت المزرعة العامة. ولم يمضِ وقت طويـل على هذا حتى قُتل مارا في حمامه على يد شابة محزونة اسمها شارلوت كوردي، ولكن في هذا الوقت كان الوقت متأخراً جداً بالنسبة للافوازييه.

وفي عـام 1793 وصـل عهـد الإرهاب الـذي كان قوياً إلى أوجـه. وفي تشرين الأول سيقت ماري أنطوانيت إلى المقصلة. وفي الشهر اللاحق -وفيما كان هو وزوجته يضعان خططاً متأخّرة للهرب إلى أسكتلندة- اعتُقل لافوازييه. وفي أيار مَثل هو وواحد وثلاثون زميـلاً مـن المزرعة العامة أمام المحكمة الثورية (في قاعـة محكمة يرأسها تمثال مارا الصـدري). أعفي عن ثمانية ولكن لافوازييه والآخرين أُخذِوا إلى ساحة الثورة (التي هي الآن ساحة الكونكورد)، وهو موقع أكثر المقاصل الفرنسية انشغالاً. راقب لافوازييه والد زوجته فيما كان رأسه يُقطع، ثم خطا إلى الأمام وقبل مصيره. بعد أقل من ثلاثة أشهر، في 27 تموز، أرسل روبسبير إلى المكان نفسه، فانتهى عهد الإرهاب بسرعة.

بعـد مئة عام مـن موته، شُيِّد تمثال للافوازييه في باريس وأُعجب به الكثير إلى أن أشار أحدهم أنه لا يشبهه. ولدى التحقّق، اعترف النحّات أنه استخدم رأس الرياضي والفيلسـوف الماركيز (دو كوندورسيت) على ما يبـدو كان لديه بديل، آملاً أنه لا أحد سيلاحـظ ذلـك وإن لاحظ فلن يأبـه. وكان محقاً في الأمر الثاني. فقـد سُمح لتمثال

لافوازييه المتحد مع كوندورسيت بالبقاء في مكانه لنصف قرن آخر حتى الحرب العالمية الثانية، حين سُرق في صباح أحد الأيام، وتم تذويبه إلى خردة.

وفي أوائل الثمانينيات انتشرت في إنكلترة عادة استنشاق الأكسيد النّتري (مخدّر)، أو الغاز الضاحك، فبعد اكتشافه تم استخدامه «بحماسة عالية ومتعة كبيرة». وبقي في نصف القرن اللاحق المخدر المفضّل للشبّان. ولكن هيئة علمية أخرى تُدعى جمعية أسكسيان كانت مكرسة لشيء آخر. وعرضت المسارح «أمسيات الغاز الضاحك» حيث كان المتطوّعون ينعشون أنفسهم باستنشاق قوي، ثم يمتعون الجمهور بحركاتهم الكوميدية المذهلة.

لم يكتشف أحد استخداماً عملياً للأكسيد النّتري كمخدّر حتى عام 1846. ولا أحد يعرف إلا الله كم عانت آلاف كثيرة من البشر من آلام غير ضرورية من سكين الجرّاح؛ لأنه لم يفكّر أحد بالاستخدام العملي الأكثر وضوحاً للغاز.

أذكر هذا كي أشير إلى أن الكيمياء -بعد أن وصلت إلى هذا الحد، في القرن الثامن عشر- ضلّت سبيلها في العقود الأولى من القرن التاسع عشر، كما فعلت الجيولوجيا في الأعوام الأولى للقرن العشرين. وكان السبب هو محدودية الأجهزة لم يكن هناك -على سبيل المثال- أدوات تعمل وفقاً لمبدأ القوة النابذة حتى النصف الثاني من القرن، مما قيّد بحدّة كثيراً من أنواع التجارب وكان السبب أيضاً اجتماعياً. وإذا ما تحدثنا بصورة عامة، كانت الكيمياء علماً لرجال الأعمال، أولئك الذين عملوا في الفحم الحجري والبوتاس والأصبغة، وليس للسادة، الذين شُدُّوا إلى الجيولوجيا، والتاريخ الطبيعي والفيزياء. (كان هذا أقل صحة بنحو طبيعي في أوروبة القارية منه في بريطانية، ولكن فقط بنحو ضئيل). كان أهم اكتشاف في القرن هو الحركة البراونيّة*، التي أسست الطبيعة الفاعلة للجزيئات، الذي لم يقم به كيميائيٌ وإنما عالم نبات أسكتلندي يُدعى روبرت براون. (ما لاحظه براون في 1827 هو أن حبات صغيرة من غبار الطلع المنحلة

---

* ظاهرة فيزيائية اكتشفها عالم النبات البريطاني روبرت براون قوامها تذبذب الجسيمات العالقة في سائل أو غاز تذبذباً سريعاً، وذلك بسبب اصطدامها بجزيئات الوسط المحيط بها. وهذه الظاهرة تُعدّ دليلاً لا يُدحض على وجود الحركة الجزيئية.

في المـاء، تبقـى في حركة دائمـة مهما حاولت جعلهـا تستقر. كان سبـب هذه الحركة الدائمة وأعني فعل الجزيئات اللامرئية لغزاً لوقت طويل).

يمكن أن تكون الأمور أسوأ لولا شخصية رائعة ومفاجئة تُدعى الكونت فون رمفورد، الـذي -بالرغم من مهابة لقبه- بدأ حياته في وبرن، ماساتشوسيتس، في 1753 باسم بنجامين تومسون البسيط. كان تومسون مندفعاً وطموحاً، «أنيق الشكل والشخصية»، وكان بـين فينة وأخرى شجاعـاً ومتألقاً بنحو مفرط، ولكـن لم يردعه أي وازع. تزوج في سـن التاسعة عشرة من أرملة تكبره بأربعة عشر عاماً، ولكن حين نشبت الثورة في المستعمـرات انضم دون حكمـة إلى الموالين، وتجسّس لصالحهـم لبعض الوقت. وفي عام 1776 المشؤوم، كان معرضاً للاعتقال بتهمة «فقدان الحماسة في قضية الحرية»، فهجر زوجته وطفله وهرب أمام رعاع من المضادين للموالين مسلحين بدلاء من القار الساخن، وحقائب من الريش ورغبة جدية لتزيينه بكليهما.

هرب في البداية إلى إنكلترة ثم إلى ألمانية، حيث خدم كمستشار عسكري لحكومة بافاريـا، ولأنه أثـار إعجاب السلطات قُلِّـد عام 1791 لقب الكونت فـون رمفورد من الإمبراطورية الرومانية المقدسة. بينما في ميونخ صمّم أيضاً وأنشأ الحديقة المشهورة المعروفة باسم الحديقة الإنكليزية.

وفيما بين هذه الحوادث عثر نوعاً ما على الوقت كي يقوم بكمية جيدة من الأبحاث العلميـة. صار المرجع الأول في العـالم في الدّيناميكا الحراريـة، وأول من فسّر مبادئ الحَمْـل الحراري للسوائل ودوران تيـارات المحيط. ابتكر أيضـاً أشياء عديدة مفيدة، بينها جهاز تقطير لصناعة القهوة، ولباس داخلي حراري وموقد ما يزال يُعرف باسم موقـد رمفورد. وفي 1805 -في أثناء إقامة مؤقتة في فرنسة- تودد إلى المدام لافوازييه وتزوّجها، وكانت أرملة أنطوان لوران. لم ينجح الزواج وانفصلا في الحال. بقي رمفورد في فرنسة حيث وافته المنيّة في 1814، وقُدِّر كونياً من الجميع عدا زوجاته السابقات.

إن هدفنا من ذكره هنا هو أنه في 1799 -وفي أثناء فاصل قصير نسبياً في لندن- أسّس المؤسسة الملكية، وهي واحدة من مؤسسات علمية أخرى كثيرة ظهرت إلى الوجود

في أنحاء بريطانية كافة في أواخر القرن الثامن عشر وأوائل التاسع عشر. كانت لبعض الوقت المؤسسة الوحيدة تقريباً التي عززت بنحو فاعل علم الكيمياء الفتيّ، ويعود الفضل في ذلك بشكل كامل إلى شاب متألق يدعى همفري ديفي، الذي عُيِّن أستاذاً للكيمياء في المؤسسة بعد وقت قصير من افتتاحها، وحظي بسرعة بالشهرة كمحاضر متميّز ومجرّب مثمر.

بعد أن تولّى منصبه حالاً بدأ ديفي ينتج عناصر جديدة واحداً بعد آخر البوتاسيوم، والصوديوم، والمغنيزيوم، والكالسيوم، والإسترنشيوم، والألومينوم أو الأملنيوم، وهذا يعتمد على فرع الإنكليزية الذي تفضّله*. اكتشف عناصر كثيرة ليس لأنه كان ذكياً فحسب، بل لأنه طوّر تقنية بارعة في استخدام الكهرباء على مادة مذابة، الطريقة المعروفة باسم الكَهْرَلة أو التحليل الكهربائي. وقد اكتشف دزينة من العناصر،شكّلتْ خمس العدد الكلي المعروف في زمنه. كان بوسع ديفي أن ينجز أكثر من هذا ولكن لسوء الحظ طوّر باعتباره شاباً ارتباطاً قوياً بمتع الأكسيد النتري. وقد ارتبط بهذا الغاز بحيث كان يستخدمه ثلاث أو أربع مرات في اليوم. أخيراً، في 1829، اعتُقد أنه قتله.

لحسن الحظ، كانت شخصيات أكثر رصانة تعمل في أمكنة أخرى. ففي 1808 صار صاحبيٌّ صارم يدعى جون دالتون الشخص الأول الذي أعلن طبيعة الذرة (وهذا تقدم سيُناقش بنحو كامل فيما بعد) وفي 1811 قام إيطالي ذو اسم أوبرالي رائع هو لورنزو رومانو أماديو كارلو أفوغادرو، كونت كواريكا وسيريتو باكتشاف سيبرهن على أنه مهم جداً على المدى الطويل، وهو أن حجمين متساويين من الغاز من أي نوع، إذا حُفظا في الضغط والحرارة نفسيهما، سيحتويان على أعداد متساوية من الجزيئات.

* إن التشوش في تهجية الألومينوم والأملنيوم يعود إلى صفة غير مميزة لعدم الحزم لدى ديفي. حين عزل العنصر لأول مرة في 1808، دعاه ألومينوم. لسبب ما فكّر بهذا بنحو أفضل وسمّاه الأملنيوم بعد أربع سنوات. تبنى الأميركيون مطيعين المصطلح الجديد، لكن كثيراً من البريطانيين كرهوا الكلمة، مشيرين إلى أنها تقاطع نموذج الـ ium الذي أسسه الصوديوم والكالسيوم والإسترنشيوم، وهكذا أضافوا حرفاً صائتاً وآخر ساكناً. بين إنجازاته الأخرى، اخترع ديفي أيضاً مصباح الأمان الخاص بالمعدّنين.

كان هناك شيئان واضحان في مبدأ أفوغادرو البسيط بشكل مغرٍ، كما صار يُعرف: أولاً: قدّم أساساً لقياس حجم ووزن الذرات بشكل أكثر صحة. فباستخدام رياضيات أفوغاردو، كان علماء الكيمياء في النهاية قادرين على استنتاج، (مثلاً) أن ذرة عادية لها قطر من 0.00000008 سم، وهذا قليل جداً بالفعل. وثانياً: لم يعرف أحد عنها تقريباً لخمسين سنة*.

ويعود السبب في هذا جزئياً إلى أن أفوغادرو كان شخصاً منطوياً. كان يعمل وحده، ونادراً ما يتواصل مع زملائه العلماء، لم ينشر سوى أبحاث قليلة ولم يحضر أي اجتماعات؛ لأنه لم تكن هناك اجتماعات كي يحضرها أو مجلات كيميائية كافية كي ينشر فيها. وهذا حقيقة فائقة للعادة. فقد دُفعت الثورة الصناعية بنحو كبير بتطورات في الكيمياء، وبالرغم من ذلك فإن الكيمياء كعلم منظّم نادراً ما وُجدت لعقود.

لم تتأسس الجمعية الكيميائية في لندن حتى 1841 ولم تبدأ بإنتاج مجلة منتظمة حتى 1848، وفي ذلك الوقت كان عمر معظم الجمعيات العلمية في بريطانية الجيولوجية والجغرافية والحيوانية والجنانيّة واللينييوسيّة** (الخاصة بعلماء الطبيعة والنبات) عشرين عاماً على الأقل وفي عدة حالات أكثر بكثير. ولم تتأسّس المدرسة المنافسة في الكيمياء حتى 1877، بعد عام من تأسيس الجمعية الكيميائية الأميركية. ولأن الكيمياء كانت بطيئة التنظيم، لم تنتشر الأنباء عن فتوحات أفوغادرو في 1811 حتى مؤتمر الكيمياء الأول في كارلسروهي Karlsruhe في 1860.

---

* قاد المبدأ فيما بعد إلى التبني الكثير لرقم أفوغادو، وهي وحدة قياس أساسية في الكيمياء، سميت على اسم أفوغادو بعد موته بوقت طويل. إن عدد الجزيئات التي اكتشفت في 2.016 غرام من غاز الهيدروجين (أو كمية مساوية من أي غاز آخر) وضعت قيمته في 6.0221367×10^{23}، وهذا رقم ضخم جداً. تسلّى طلاب الكيمياء لوقت طويل بحساب كم هو رقم كبير، وهكذا أستطيع أن أفيد أنه مساوٍ لعدد من حبات البوشار كافٍ لتغطية الولايات المتحدة كلها على عمق تسعة أميال، أو مساوٍ لأكواب الماء في المحيط الهادئ، أو علب مشروبات باردة، التي إذا خزنت بنحو مستوٍ، فستغطي الأرض على عمق 200 ميل. إن عدداً مساوياً من البنسات الأميركية سيكون كافياً لجعل كل شخص على الأرض بليونيراً. إنه عدد كبير.

** منسوبة إلى عالم النبات السويدي كارولوس لينييوس أو إلى طريقته في تقسيم النباتات. المترجم.

كانت التقاليد بطيئة الظهور؛ لأن الكيميائيين عملوا طويلاً في عزلة. وحتى النصف الثاني من القرن، كانت صيغة H_2O_2 يمكن أن تعني الماء لعالم كيمياء وقد تعني بيروكسيد الهيدروجين* لآخر. كان يمكن أن تشير C_2H_4 إلى الإثيلين أو غاز الميثان. بالكاد يوجد جزيء مُثّل بشكل منتظم في مكان آخر.

استخدم الكيميائيون أيضاً تنوّعاً محيّراً من الرموز والاختصارات، وغالباً ما كانت مبتكرة ذاتياً. فقد أدخل العالم السويدي ج.ج. برزليوس مقياساً مطلوباً جداً لترتيب المسائل قائلاً: إن العناصر تُختصر على أساس أسمائها اللاتينية واليونانية، لهذا اختصار الحديد هو FE من الكلمة اللاتينية ferrum واختصار الفضة هو AG (من الكلمة اللاتينية argentums). وبما أن كثيراً من الاختصارات الأخرى تنسجم مع أسمائها الإنكليزية (N للنتروجين و H للهيدورجين وإلى ما هنالك) فإنها تعكس طبيعة إنكليزية لاتينية، لا طبيعتها الرفيعة. وللإشارة إلى عدد الذرات في جزيء استخدم برزليوس ترميزاً مرقوماً في الأعلى H^2O. فيما بعد -ودون سبب خاص- صارت الموضة هي التعبير عن الرقم كترميز مرقوم في الأسفل: H_2O.

وبالرغم من محاولات التنظيم بين فينة وأخرى كانت الكيمياء في النصف الثاني من القرن التاسع عشر مشوشة، لهذا كان الجميع مسرورين من بروز بروفسور مجنون وغريب المنظر في 1869 في جامعة سينت بتسبرغ يُدعى ديميتري إفانوفيتش مندلييف.

وُلد مندلييف في 1834 في توبولسك، في الغرب الأقصى من سيبيريا، لأسرة ضخمة جداً ومتعلمة جيداً ومزدهرة. كانت الأسرة كبيرة، بحيث إنّ التاريخ لم يعرف عددها: تقول بعض المصادر: إنه كان هناك 14 ولداً، وبعضها الآخر يقول: 17. ويتفق الجميع أن ديمتري كان أصغرهم. لم يحالف الحظ هذه العائلة دوماً. فحين كان ديمتري صغيراً أصيب والده -الذي كان مدير مدرسة- بالعمى فاضطرت أمه للذهاب إلى العمل. كانت على ما يبدو امرأة فائقة للعادة، وصارت فيما بعد مديرة لمعمل زجاج ناجح. وسارت الأمور على ما يُرام حتى عام 1848، حين احترق المعمل وحلّ الفقر بالأسرة.

* سائل ثقيل، عديم اللون والرائحة، يتألّف من ذرّتي هيدروجين وذرتي أوكسجين ويذوب بسرعة في الماء وفي الكحول أيضاً. المترجم.

–مصممة على تعليم ابنها الأصغر– قطعت السيدة مندلييف هي وابنها أربعة آلاف ميل إلى سان بطرسبرغ، وهذا يعادل السفر من لندن إلى غينيا الاستوائية ووضعته في مؤسسة علم أصول التدريس. ماتت بعد ذلك في الحال منهكة من جهودها.

أكمل مندلييف دراساته ومُنح في النهاية منصباً في الجامعة المحلية. صار عالم كيمياء كُفئاً ولكنه لم يكن متميزاً جداً وكان معروفاً من شعره ولحيته الفوضوية التي كان يحلقها مرة واحدة في العام، أكثر مما عُرف من مواهبه في المختبر.

على أي حال، في عام 1869 – وفي سن الخامسة والثلاثين – بدأ يتسلّى بطريقة لترتيب العناصر. في ذلك الوقت، كانت العناصر تُجمع عادة بطريقتين: إما بالوزن الذري (باستخدام مبدأ أفوغاردو) أو بالمواصفات الشائعة (سواء كانت معادن أو غازات، على سبيل المثال). وكان فتح مندلييف هو رؤية إن كان الاثنان يمكن جمعهما في جدول واحد.

وكما كان شائعاً في العلم، توقّع المبدأ قبل ثلاث سنوات عالم كيمياء هاوٍ في إنكلترة هو جون نيولاندز. فقد اقترح أنه حين تُرتّب العناصر بالوزن فإنها على ما يبدو تكرّر مواصفات معيّنة بمعنى ما، كي تتناغم في كل مكان ثمانيةً على الميزان. دعا نيولاندز المبدأ قانون الجواب وشبّه الترتيب بالنغمات الثماني على لوح البيانو بشكل غير حكيم جزئياً، ذلك أن هذه كانت فكرة لم يحن وقتها بعد تماماً. ربما كان هناك شيء ما في شرح نيولاندز، ولكن الفكرة عدَّت منافية للعقل وسُخر منها على نحو واسع. ففي الاجتماعات، كان أعضاء الجمهور الأكثر سخرية يطلبون منه إحضار عناصره؛ كي يعزف لهم لحناً قصيراً. تخلى نيولاندز عن الفكرة محبطاً، وغاب عن البصر أيضاً.

استخدم مندلييف مقاربة مختلفة قليلاً، واضعاً عناصره في مجموعات سباعية، ولكنه طبق جوهرياً الفرضية نفسها. فجأة بدت الفكرة متألقة وقابلة للإدراك بنحو رائع. ولأن المواصفات كررت نفسها دورياً، عُرف الابتكار باسم الجدول الدوري.

قيل: إن مندلييف أُلهم من لعبة ورق تُدعى السوليتير في أمريكة الشمالية والصبر في أمكنة أخرى، التي بمقتضاها ترتب الأوراق أفقياً بالنقش وعمودياً بالعدد. مستخدماً

مفهومـاً مشابهاً بنحو كبير، رتب العناصر في صفـوف أفقية دُعيت الدورات وفي أعمدة عموديـة دُعيـت المجموعـات. أظهر هذا فـوراً مجموعة واحدة من العلاقـات حين تقرأ إلى الأعلـى والأسفـل، ومجموعة أخرى حين تُقرأ من جانـب إلى آخر. وبنحو محدد، إن الأعمدة العمودية تجمع سوية مواد كيماوية لها مواصفات مشابهة. وهكذا يجلس النحاس علـى قمـة الفضة وتجلس الفضـة على قمة الذهـب بسبب قرابتها كونهـا معادن، بينما الهليـوم، والنيون والأرجون ففي فئـة الغازات. (إن المحدد الفعلـي الرسمي في الترتيب هـو شيء يدعى تكافؤاتها الإلكترونيـة، وإذا أردت أن تفهمها فسيجـب عليك أن تسجّل في الدروس المسائية). إن الصفوف الأفقية -في غضون ذلك- ترتب المواد الكيماوية في ترتيب تصاعدي وفق عدد البروتونات في نواتها، ما يُعرف باسم عددها الذري.

سأشرح بنية الذرات وأهمية البروتونات في فصل لاحق؛ أما الآن فكل ما هو ضروري هـو فهم المبدأ المنظّم: الهيدروجـين له بروتون واحد فقط، وهكذا فإن له العدد الذري 1 ويأتـي أولاً علـى الجدول؛ اليورانيوم له 92 بروتوناً وهكذا فهو يقترب من النهاية وله الرقـم الذري 92. بهـذا المعنى -وكما أشار فيليب بويـل- إن الكيمياء هي في الحقيقة مسألة إحصاء فقط. (إن الرقم الذري -بالمصادفة- يجب ألا يُخلط مع الوزن الذري، الذي هو عدد البروتونات بالإضافة إلى عدد النيترونات في عنصر مفترض).

كان لا يزال هناك كمية كبيرة غير معروفة أو مفهومة. إن الهيدروجين هو العنصر الأكثر شيوعاً في الكون، ومع ذلك لم يخمّن أحد هذا إلا بعد ثلاثين عاماً آخر. والهليوم -العنصـر الثاني الأكثر غزارة- اكتُشف قبـل عام فقط ولم يُشتبه بوجوده قبل ذلك، ثم ليس على الأرض، وإنما في الشمس، حيث اكتُشف بمنظار التحليل الطيفي في أثناء كسوف شمسـي، ولهذا يكرّم إله الشمس اليوناني هليوس بهذا الاسم. ولم يُعزل حتى عام 1895. وحتى هكذا، وبفضل اختراع مندلييف، حصلت الكيمياء الآن على موطئ قدم صلب.

إن الجـدول الـدوري -بالنسبـة لمعظمنا- شيء جميـل على المستـوى التجريدي، ولكنـه بالنسبـة للكيميائيـين أسس ترتيباً ووضوحـاً فوريين لا ينطويـان على مبالغة. «إن الجـدول الدوري للعناصر الكيميائية هـو -دون شك- الخريطة التنظيمية الأكثر

رشاقة التي سبق واختُرعت»، كما قال روبرت ي. كريبس في كتابه تاريخ واستخدام العناصر الكيماوية لكوكبنا الأرضي، وبوسعكم العثور على عواطف مشابهة فعلياً في جميع الكتب التي أرّخت للكيمياء.

لدينا اليوم 120 عنصراً معروفاً، يتشكل 92 منها بنحو طبيعي وهناك دزينتان تبتكران في المخابر. إن العدد الفعلي مثير للجدل قليلاً؛ لأن العناصر الثقيلة المركّبة لا توجد إلا لجزء من المليون من الثانية، ويجادل الكيمائيون أحياناً فيما إذا تم فحصها أم لا. في زمن مندلييف لم يُعرف سوى 63 عنصراً، ولكن ذكاءه جعله يدرك أن العناصر المعروفة آنذاك لم تصنع صورة كاملة، وأن كثيراً من القطع كانت مفقودة. تنبأ جدوله، بدقة تبعث على السرور، أين ستأخذ العناصر مكانها حين تُكتشف.

لا أحد يعرف –بالمصادفة– إلى كم يمكن أن يرتفع عدد العناصر، بالرغم من أن أي شيء يتجاوز 168 كوزن ذري يُعد «مجرد تأملي»؛ ولكن ما هو مؤكد هو أن أي شيء يُكتشف فإنه سيتلاءم مع خطة مندلييف العظيمة.

تمخّض القرن التاسع عشر عن مفاجأة أخيرة مهمة لعلماء الكيمياء. بدأت في 1896 حين ترك هنري بيكويريل في باريس بإهمال مجموعة من أملاح اليورانيوم على لوح فوتوغرافي في مغلّف في درج. حين أخرج اللوح بعد مدة فوجئ أن الأملاح أحرقت طبعة في اللوح، وكأن اللوح كان معرّضاً للضوء. كانت الأملاح تُطلق أشعة من نوع ما. مفكّراً بأهمية ما اكتشفه قام بيكويريل بشيء غريب جداً: أرسل المادة إلى طالبةٍ متخرّجة؛ كي تتحقّق منها. ولحسن الحظ كانت الطالبة مهاجرة حديثة العهد من بولونيا تُدعى ماري كوري. فيما كانت تعمل مع زوجها بيير، اكتشفت كوري أن أنواعاً معيّنة من الصخور تصدر كميات متواصلة وفائقة للعادة من الطاقة، دون أن يتقلّص حجمها أو أن تتغير بأي طريقة قابلة للرصد. ما لم يستطع أن تعرفه هي وزوجها ما لم يستطع أن يعرفه أحد إلى أن شرح آينشتاين الأمور في العقد الآتي، هو أن الصخور كانت تحوّل الكتلة إلى طاقة بطريقة فاعلة بنحو مفرط. سمّت ماري كوري التأثير (الإشعاعية). وفي سيرورة عملهما، عثرت كوري وزوجها أيضاً على عنصرين جديدين هما البولونيوم الذي سمته باسم بلدهما، والمذياعم. وفي عام 1903 حصلت

كـوري وزوجها على جائزة نوبل في الفيزياء مع بيكويريل. (فازت ماري كوري بجائزة ثانيـة، في الكيميـاء، في 1911؛ وكانت الشخص الأول الذي فـاز بالجائزة في كل من الكيمياء والفيزياء).

وفي جامعـة مكجيل McGill في مونريال أصبح الشاب المولود في نيوزلندة إرنست رزرفـورد مهتمّاً بالمواد الإشعاعيـة الجديدة. واكتشف مع زميل يُدعى فردريك سودي أن احتياطيات ضخمة من الطاقة، كانت مقيدة في تلك الكميات الصغيرة من المادة، وأن الانحلال الإشعاعي لهـذه الاحتياطيات يمكن أن يفسّر دفء الأرض كلّه. اكتشفا أيضـاً أن العناصـر الإشعاعيـة انحلّـت في عناصر أخـرى، أنه في أحـد الأيام لديك ذرة مـن اليورانيـوم، (مثلاً) وفي اليوم الآتي لديك ذرة مـن الرصاص. كانت كيمياء صافية وبسيطة؛ ولم يسبق أن تصوّر أحد أن شيئاً كهذا يمكن أن يحدث بنحو طبيعي وتلقائي.

كان رزرفورد البراغماتي أول من رأى أنه يمكن أن يكون هناك تطبيق عمليّ قيّم في هذا. لاحظ أنه في أي عيّنة من المادة الإشعاعية، فإن الأمر دوماً يستغرق كمية الوقت نفسهـا لنصف العيّنة، كـي يقضي على نصف الحياة المحتفى بـه*، وأن هذه النسبة الثابتـة الموثوقة مـن الانحلال يمكن أن تُستخـدم بوصفها نوعاً من أنـواع الساعات. وعبر الحساب إلى الوراء كم من الإشعاع تمتلك مادة الآن وكم تنحل بسرعة، تستطيع أن تستنتج عمرها. اختبر قطعة من البتشبلند** واكتشف أن عمرها 700 مليون سنة، أكثر بكثير من العمر، الذي كان معظم الناس مستعدين كي يمنحوه للأرض.

* لو سبق وتساءلت كيف تحدّد الذرّات أي 50% ستموت وأي 50% ستحيا حتى الجلسة اللاحقة، فإن الإجابة هي أن نصف الحياة هو في الحقيقة مجرد وسيلة إحصائية، نوع من الجدول الفعلي للأشياء العنصرية. تخيّل أن لديك عيّنة من المادة بنصف حياة 30 ثانية. ألا يعني هذا أن كل ذرة في العيّنة ستوجد بالضبط 30 ثانية أو 60 ثانية أو 90 ثانية أو لمدة محددة أكثر. ستحيا كل ذرة في الحقيقة لمدة عشوائية من الزمن لا علاقة لها بمضاعفات الرقم 30؛ يمكن أن تستمر لثانيتين من الآن، أو يمكن أن تتذبذب بعيداً لسنوات أو عقود أو قرون قادمة. لا أحد يعرف. ولكن ما نستطيع قوله هو: إنه من أجل العيّنة ككل فإن نسبة الاختفاء ستكون هكذا، بحيث إن نصف الذرات ستختفي في كل 30 ثانية. إنها نسبة عادية، بتعبير آخر، ويمكنك تطبيقها على أي عيّنة ضخمة. استنتج أحدهم مرة –على سبيل المثال– أن الدايمات الأميركية لها نصف حياة يبلغ 30 عاماً. المؤلف.

** معدن داكن لمّاع يعد مصدراً مهماً من مصادر اليورانيوم والراديوم. المترجم.

في ربيع 1904 سافر رزرفورد إلى لندن؛ كي يلقي محاضرة في المؤسسة الملكية، المؤسسة الجليلة التي أسّسها الكونت فون رمفورد قبل 105 سنوات، بالرغم من أن عصر اللمات المستعارة و(البودرة) بدا الآن كأنه يبعد مسافة دهر بالمقارنة مع فظاظة رفع الأكمام لدى الفكتوريين المتأخرين. كان رزرفورد هناك كي يتحدّث عن نظريته الجديدة في الانحلال الشعاعي، وبذكاء أحضر من أجل هذه الغاية قطعة البتشبلند. ذلك أن كلفن الكهل كان حاضراً، وإن لم يكن مستيقظاً طوال الوقت نوّه رزرفورد أن كلفن نفسه كان قد اقترح أن اكتشاف مصدر آخر للحرارة سيقضي على حساباته. لقد اكتشف رزرفورد ذلك المصدر. وبفضل الإشعاعية يمكن أن يكون عمر الأرض ومن الواضح أن عمرها كان أكثر من الرقم الذي وضعته حسابات كلفن الأخيرة؛ الذي هو 25 مليون سنة.

ابتسم كلفن من شرح رزرفورد المحترم، لكنه في الحقيقة لم يتأثّر. لم يقبل أبداً الأرقام المنقّحة وصدق حتى يوم وفاته أن عمله بما يتعلق بعمر الأرض هو إسهامه الأكثر ذكاء وأهمية في هذا العلم، وأعظم بكثير من عمله على الديناميكا الحرارية.

وكما هو الأمر مع معظم الثورات العلمية، لم يُرحّب باكتشافات رزرفورد العلمية عالمياً. فقد أصرّ جون جولي الدّبلني بقوّة حتى الثلاثينيات أن عمر الأرض ليس أكثر من 89 مليون سنة، ولم يوقفه عن ذلك سوى وفاته. وبدأ آخرون يتضايقون من أن رزرفورد منحهم الآن كثيراً من الوقت. ولكن حتى بالتأريخ المذياعمترّي -كما صار اسم القياسات الانحلالية- ستمر عقود قبل أن ندخل في بليون عام أو ما يقارب ذلك من عمر الأرض الفعلي. كان العلم في المسار الصحيح، ولكنه كان لا يزال بعيداً.

توفّي كلفن عام 1907. وشهد ذلك العام أيضاً وفاة دمتري مندلييف. وعلى غرار كلفن، كان عمله المثمر خلفه بعيداً، ولكن أعوام انحداره كانت أقل جدية. وفيما كان يكتهل، صار مندلييف غريب الأطوار ورفض أن يقرّ بوجود الإشعاع أو الإلكترون أو أي شيء آخر كان كثيراً، وجديداً، وصعباً. أمضى عقوده الأخيرة يندفع خارجاً من المختبرات وقاعات المحاضرات في أنحاء أوروبة كلها. وفي 1955، سمي العنصر العاشر بالمندليفيوم على شرفه. وقال بول ستراثم: «بنحو ملائم، إنه عنصر غير مستقرّ».

تواصل الإشعاع -بالطبع دوماً- بشكل حقيقي وبطرق لم يتوقّعها أحد. وفي أوائل التسعينيات بدأ بيير كوري يعاني من إشارات مرضية واضحة ناجمة عن الإشعاع، وعلى ما يبدو آلام بليدة في عظامه وشعور مزمن بالإعياء، الذي دون شك كان سيتقدم بنحو غير سارّ. ولن نعرف أبداً بنحو مؤكد؛ لأنه في 1906 دهسته عربة وقتلته، فيما كان يعبر شارعاً في باريس.

أمضت ماري كوري ما تبقى من حياتها وهي تعمل بتميّز في هذا الميدان، وساعدت في تأسيس مؤسسة المذياعم في جامعة باريس في 1914. وبالرغم من حصولها على جائزتي نوبل، لم تُنتخب أبدا عضواً في أكاديمية العلوم؛ والسبب في ذلك هو أنه بعد وفاة بيير أقامت علاقة -مع عالم فيزياء متزوّج- كانت غير محتشمة بما يكفي كي تفضح حتى الفرنسيين، أو على الأقل العجائز الذين أداروا الأكاديمية، التي ربما هي مسألة أخرى.

افترُض لوقت طويل أن أي شيء يتمتّع بالطاقة بنحو إعجازي كالإشعاعية يجب أن يكون مفيداً. ولسنوات، كان صانعو معجون الأسنان ومليّنات الأمعاء يضعون الثوريوم الإشعاعي في منتجاتهم، وعلى الأقل حتى أواخر العشرينيات عرض جلن سبرينغ أوتل في فنجر ليكس في نيويورك بفخر النتائج العلاجية (لينابيعه المعدنية الإشعاعية). ولم تُمنع في المواد الاستهلاكية حتى 1938. وفي ذلك الوقت كان هذا متأخراً جداً لماري كوري، التي ماتت من اللوكيميا، في 1934. إن الإشعاع هو في الحقيقة ماكر ويستمر طويلاً، بحيث إنّ أوراقها من ثمانينيات القرن التاسع عشر، وحتى كتب الطبخ لديها خطرة جداً حتى الآن. فقد حُفظت كتب مختبرها في صناديق مخططة بالرصاص، والذين يرغبون برؤيتها يجب أن يلبسوا ثياباً واقية.

وبفضل العمل المخلص والمجازف جداً بنحو غير متعمّد لعلماء الذرة الأوائل، صار من الواضح في الأعوام الأولى للقرن العشرين، أن الأرض مقدّسة بنحو غير قابل للتشكيك، بالرغم من أن نصف قرن آخر من العلم يجب أن يُنجز قبل أن يستطيع أي شخص أن يقول بثقة كم هي مقدّسة. كان العلم -في غضون ذلك- على وشك الحصول على عصر خاص به، هو العصر الذري.

الباب الثالث

فجر عصر جديد

إن عالم الفيزياء هو طريقة الذرات بالتفكير بالذرات.

مجهول

الفصل الثامن

كون آينشتاين

فيمـا كان القرن التاسع عشر يقترب من نهايتـه، استطاع العلماء أن يحلّوا معظم ألغـاز العالم المـادي: الكهرباء، والمغناطيـس، والغازات، والبصريـات، والصوتيّات، وعلـم الحركة والميكانيكا الإحصائية، هـذا إذا لم نسمِّ إلا قلة، تم اكتشافها من قبل. اكتشفـوا أشعة إكـس، والشعاع المهبطـيّ، والإلكـترون والإشعاعيـة، واخترعوا الأوم والواط، والكلفن والجول والمكبّر والأرغ الصغير.

وإذا كان هنـاك من شيء يمكن أن يتذبذب أو يُسرّع أو يُشوّش أو يُقطّر أو يمزج أو يـوزن أو يجعـل غازياً فقد قاموا بذلك، و أنتجوا في أثنـاء ذلك مجموعة من القوانين الكونيـة الكبـيرة والمهيبة، بحيث ما نزال نميل إلى كتابتهـا بالأحرف الكبيرة: نظرية الحقل الكهرومغناطيسـي، وقانون ريختر للنسب المتبادلة، وقانـون تشارلز للغازات، وقانـون مزج الأحجام، وقانون زيـروث، ومفهوم فالنس، وقانون أفعال الكتلة، وأخرى لا تُحصـى. لقد تغـيّر العالم برمّته وسَمُن بـالآلات والأدوات التـي أنتجتها براعتهم. واعتقد الكثير من الحكماء أنه لم يبقَ الكثير أمام العلم كي يفعله.

وفي 1875 فيما كان شاب ألماني في كيل اسمه (ماكس بلانك) يقرر إن كان سيكرّس حياتـه للرياضيـات أو للفيزياء. تم حثه بشـكل صادق ألا يختار الفيزيـاء؛ لأن جميع الفتوحـات قد تمت في هذا الميـدان. وقد تم التأكيد له أن القـرن القادم سيكون قرن تقويـة وصقل وليس قرن ثورة. لم يصغِ بلانك. درس الفيزياء النظرية وكرس نفسه جسداً وروحاً للعمل في الأنتروبيا (القصور الحراري)، وهي عملية في قلب الديناميكا الحرارية، التي بدت كأنها تحمل كثيراً من الوعد لشاب طموح*. وفي عام 1891 أعطى

* وبنحـو محدد إنهـا مقياس للعشوائية أو الفوضـى في نظام. فدارل إبنج في مقـرره المدرسي الكيمياء العامـة، يقترح بشكل مفيد جداً التفكـير بمجموعة ورق لعب. علبة جديدة من الورق، مرتبة بحسب النقش من الآس إلى الملك. يمكن أن يقال: إنهـا في حالتها المرتبة. اخلط الورق وضعه دون ترتيب. إن الأنتروبيـا هي طريقة لقياس فوضوية تلـك الحالة ولتحديد احتمال النتائج المعيّنة مع خلط آخر للـورق. كي تفهـم الأنتروبيا جيداً من الضـروري أيضاً فهم مفاهيم مثـل اللاانتظامات الحرارية، ومسافات الشبيكيّة وعلاقات رياضية كيميائية، ولكن هذه هي الفكرة العامة.

أُكله ولكن أمله خاب حين سمع أن العمل المهم في الأنتروبيا كان في الواقع قد أنجزه سابقاً باحث متقاعد في جامعة ييل يدعى ج. ويلارد جيبز.

ربما كان جيبز أذكى شخص سبق وسمع به البشر. كان خجولاً إلى درجة أنه يقترب من اللامرئية، فقد أمضى معظم حياته -عدا ثلاث سنوات أمضاها في الدراسة في أوروبة- في منطقة مساحتها ثلاثة فراسخ يحدها منزله وحرم ييل في نيو هيفن، كونيكتيكت. وفي سنواته العشر في ييل لم يزعج نفسه حتى بالحصول على راتب. (كانت له وسائله الخاصة). ومن عام 1871، حين انضم إلى الجامعة بوصفه بروفسوراً إلى وفاته في 1903، لم يحضر دروسه أكثر من تلميذ في الفصل الدراسي. كان عمله المكتوب صعب التتبّع وقد استخدم شكلاً خاصاً في الترميز وجده كثيرون غير قابل للفهم. ولكن بين صيغه المبهمة دفنت استبصارات من أرفع أنواع الذكاء.

وبين 1875 و1878 أنتج جيبز سلسلة من الأبحاث، وُضع لها عنوان جمعي هو في توازن المواد غريبة المنشأ، التي أوضحتْ بنحو مذهل المبادئ الديناميكية الحرارية لكل شيء تقريباً: «الغازات والخلائط والسطوح والمواد الصلبة وتغيرات الطور... ردود الفعل الكيميائية والخلايا الإلكتروكيميائية، والترسّب والتناضح»، هذا إذا اقتبسنا رأي (وليم هـ. كوبر). إن ما فعله جيبز جوهرياً، هو أنه بيّن أن الديناميكا الحرارية لا تنطبق ببساطة على الحرارة والطاقة من نوع الوزن الضخم والصاخب للآلة البخارية، ولكنه كان أيضاً حاضراً ومؤثراً على المستوى الذري لردود الفعل الكيماوية. دعي كتاب جيبز «مبادئ الديناميكا الحرارية»، ولكن لأسباب مجهولة اختار جيبز أن ينشر هذه الملاحظات المهمة في محاضر أكاديمية كنيكتيكت للفنون والعلم، وهي مجلة ظلت غير معروفة في كنيكتيكت، ولهذا لم يسمع بها بلانك حتى وقت متأخر جداً.

بشجاعة حسناً، ربما بشجاعة قليلة استدار بلانك إلى أمور أخرى*. سوف نسلط الضوء على هذه الأمور بأنفسنا بعد لحظة، ولكن يجب أولاً أن نلتفت قليلاً إلى

* كان بلانك غير محظوظ في حياته في غالب الأحيان. فقد توفيت زوجته الأولى التي أحبها باكراً في 1909، وقتل ولده الأصغر بين ولديه في الحرب العالمية الأولى. كان لديه ابنتان توءم أحبهما كثيراً. توفيت واحدة منهما في أثناء الولادة. وما تبقى على قيد الحياة من التوءم اعتنت بالطفل ووقعت في حب زوج أختها. تزوجا وبعد عامين توفيت في أثناء الولادة. وفي 1944 حين كان بلانك في الخامسة والثمانين، سقطت قنبلة للحلفاء على منزله وفقد كل شيء: أوراقه ويومياته، وما راكمه طول حياته. في العام اللاحق قُبض على ابنه الوحيد مشتركاً في مؤامرة لاغتيال هتلر وأُعْدِم.

كلفلاند، بأوهايو، وإلى مؤسسة كانت تُعرف آنذاك باسم كلية كيس للعلوم التطبيقية. هناك، في ثمانينيات القرن التاسع عشر، كان عالم فيزياء متوسط العمر اسمه ألبرت متشلسون، يساعده صديقه عالم الكيمياء إدوارد مورلي، وقد قام بسلسلة من التجارب التي سيكون لها تشعبات عظيمة في كثير مما سيتبع.

ما فعله متشلسون ومورلي -دون أن يقصدا ذلك فعلاً- هو تقويض إيمان استمر طويلاً بشيء ما دعي (الأثير الساطع)، وهو أداة مستقرة لامرئية لا وزن لها ولا تُجزأ. وهي لسوء الحظ خيالية بنحو كامل واعتقد أنها تتخلل الكون. هذا الأثير الذي تصوره ديكارت وآمن به نيوتن وبجّله الجميع منذ ذلك الوقت، احتل موقعاً مركزياً في فيزياء القرن التاسع عشر كطريقة لشرح كيفية سفر الضوء عبر فراغ الفضاء. كانت هناك حاجة خاصة له في العقد الأول من القرن التاسع عشر؛ لأن الضوء والكهرومغناطيسية كان يُنظر إليها آنذاك على أنها موجات، أي أنماط من التذبذب. يجب أن تحصل التذبذبات في شيء ما؛ ومن هنا الحاجة إلى الأثير والإخلاص المستمر له. وفي نهاية 1909، كان عالم الفيزياء البريطاني العظيم ج.ج. طومسون يلحّ: «إن الأثير ليس خلقاً فنتازياً للفيلسوف المتأمل، إنه جوهري لنا كالهواء الذي نتنفّسه» هذا بعد أكثر من أربعة أعوام من البرهنة بنحو لا يقبل الجدل أنه لا يوجد. كان الناس -باختصار- مرتبطين جداً بالأثير.

إذا كنت بحاجة لإيضاح فكرة أن أمريكة كانت في القرن التاسع عشر أرضاً للفرص، فإنك لن تستطيع الاستفادة من حياة ألبرت متشلسون الذي وُلد في 1852 على الحدود الألمانية البولونية لأسرة من التجار اليهود الفقراء، و هاجر إلى الولايات المتحدة مع أسرته وهو رضيع وترعرع في مخيم تعدين في ريف كاليفورنيا، الذي كان يعج بطالبي الثروة حيث أدار والده عملاً تجارياً بسيطاً. كان فقيراً جداً بحيث لم يستطع دفع قسط التسجيل في الكلية، فسافر إلى واشنطن العاصمة وبدأ يتسكع أمام باب البيت الأبيض لعلّه يصادف (أو ربما يحصل على) منحة يوليسيس س. جرانت حين يخرج الرئيس من أجل نزهته الصحية. (كان العصر أكثر براءة كما يبدو). وفي مجرى نزهاته، فاز متشلسون بالحظوة لدى الرئيس، بحيث إنّ جرانت وافق على أن يؤمن له مكاناً مجانياً في الأكاديمية البحرية الأميركية. وهناك تعلم متشلسون الفيزياء.

بعد عشر سنوات، وقد أصبح الآن أستاذاً في كلية كيس في كلفلاند، صار متشلسون مهتماً في محاولة قياس شيء يُدعى انسياق الأثير، وهو نوع من الريح الرأسية تنتجها الأشياء المتحركة، هي تتقدم بجهد عبر الفضاء. إن أحد تنبؤات الفيزياء النيوتونية هي أن سرعة الضوء، وهي تندفع عبر الأثير يجب أن تتنوع بالنسبة للمراقب بحسب إن كان المراقب يتحرك نحو مصدر الضوء أو بعيداً عنه. ولكن لم يعرف أحد طريقة لقياس ذلك. وخطر لمتشلسون أن الأرض تندفع نحو الشمس لنصف السنة وتبتعد عنها في النصف الآخر، واستنتج أنه إذا قام المرء بقياسات دقيقة في فصول متناقضة، وقارن سفر الضوء بين الاثنتين، فإنه سيحصل على الإجابة.

تحدث متشلسون مع ألكسندر جراهام بيل -مخترع الهاتف الذي صار ثرياً من جديد- كي يقدم الأموال لبناء أداة بارعة وحساسة من اختراع متشلسون تُدعى مقياس التداخل، التي يمكن أن تقيس سرعة الضوء بدقة هائلة. ثم، وبمساعدة من مورلي الكريم ولكن الغامض، أمضى متشلسون أعواماً وهو يقوم بالقياسات الموسوسة. كان العمل حسّاساً ومرهقاً، فاضطر إلى تعليقه لبعض الوقت بسبب انهيار عصبي قصير ولكنه شامل، ولكن في عام 1887 أعطت القياسات أكلها. ولم يكن مطلقاً ما توقعه العالمان.

وكما قال عالم الفيزياء الفلكية في كالتيك Caltech (كيب س. ثورن): «تبيّن أن سرعة الضوء هي نفسها في الاتجاهات والفصول جميعها». كان هذا هو التلميح الأول طوال 200 عام بأن قوانين نيوتن يمكن ألا تنطبق طول الوقت في كل مكان. وصارت نتيجة متشلسون مورلي، كما عبّر وليم هـ. كوبر، «النتيجة السلبية الأكثر شهرة في تاريخ الفيزياء على الأرجح». مُنح متشلسون جائزة نوبل في الفيزياء من أجل هذا الإنجاز، كان أول أميركي حصل عليها ولكن ليس لمدة عشرين سنة. في غضون ذلك، ستحوم تجارب متشلسون مورلي بشكل غير مريح، كرائحة عفونة، في خلفية الفكر العلمي.

وبالرغم من اكتشافاته، حين اقترب القرن العشرون، عدّ متشلسون نفسه بين أولئك الذين اعتقدوا أن عمل العلم يقترب من نهايته، «وليس هناك إلا بضعة أبراج وقمم يجب أن تُضاف، وبضع حواشٍ زخرفية يجب أن تحفر»، كما عبّر كاتب في مجلة نيتشر.

كان العــالم علــى وشك دخول قرن من العلم لن يفهم فيه كثير من الناس أي شيء ولن تفهم قلة كل شيء. وحالاً سيجد العلماء أنفسهم في مملكة محيّرة من الجزيئات والجزيئـات المضــادة، حيث تقفز الأشيــاء إلى الوجود وتقفــز إلى خارجه في مراحل زمنية تجعل النانوثواني (جزء من بليون من الثانية) تبدو متثاقلة وغير مستوية، حيث كل شــيء يبدو غريباً. كان العلم ينتقل من عــالم فيزياء الأشياء الكبيرة؛ حيث يمكن أن تُــرى الأشياء وتُمســك وتُقاس، إلى عــالم الفيزياء البالغة الصغــر؛ حيث تحصل الأحداث بسرعة غير قابلة للإدراك على موازين من الكبر تفوق حدود التصور بشكل كبــير. نحن على وشك دخــول عصر الكم، وكان الشخصــ الأول الذي دفع الباب هو السيئ الحظ حتى الآن ماكس بلانك.

في عــام 1900، كان بلانــك آنذاك عالم فيزياء نظريــة في جامعة برلين، وفي عمر متقدم نوعاً ما في الثانية والأربعين كشف بلانك عن نظرية جديدة هي (نظرية الكم)، التــي أثبتت أن الطاقــة ليست شيئاً متواصلاً كالماء المتدفــق، وإنما تأتي في مجموعات فرديــة دعاهــا (الكمّــات). كان هذا مفهومــاً جديداً، وجيــداً. وسيساعــد على المدى القصير في تقديم حل للغز تجارب متشلسون مورلي؛ لأنه أوضح أن الضوء لا يحتاج إلى أن يكــون موجة في النهاية. وعلى المدى الطويل، ستضع النظرية الأساس لكل الفيزياء الحديثة. كانت –في كل حال– المفتاح الأول بأن العالم كان على وشك التغيّر.

ولكــن الحدث المَعْلم الــذي شكّل فجر عصر جديد جــاء في 1905 حين ظهرت في مجلة الفيزياء الألمانية أنالين دير فيزيك Annalen der Physik سلسلة من الأبحاث ألفهــا بيروقراطــي سويسري شاب لم تكن له صلة بالجامعــة، أو مدخل إلى المخبر أو الاستخــدام المنتظم لأي مكتبة سوى مكتبة مكتــب الاختراعات القومي في برن، حيث تم توظيفــه بوصفه فاحصاً تقنيّاً مــن الدرجة الثالثة. (وقد رفضت أخيراً ترقيته إلى فاحص تقني من الدرجة الثانية).

كان اسمــه ألــبرت آينشتايــن، وفي ذلك العــام الزاخر بالأحداث قــدم إلى مجلة الفيزياء الألمانية خمسة أبحاث، كان بينها ثلاثة، بحسب سي. بي. سنو، (هي الأعظم في تاريــخ الفيزياء). يشرح الأول التأثير الكهرضوئــيّ بواسطة نظرية الكم الجديدة

التـي ابتكرها بلانك، ويشرح الثاني سلـوك الجزيئات الصغيرة في التعلّق (ما يعرف باسم الحركة البراونية)، ويلخّص الثالث نظرية النسبية الخاصة.

جعل الأول مؤلفه يحصل على جائزة نوبل وهو يشرح طبيعة الضوء (وساعد أيضاً في جعل اختراع التلفاز ممكناً، بين أمور أخرى)*. وقدم الثاني دليلاً على أن الذرات توجـد بالفعـل وهذه حقيقة، كان هناك تنازع حولها، بنحـو مفاجئ. لقد غيَّـر البحث الثالث العالم.

ولـد آينشتاين في أولم، جنوب ألمانية، عـام 1879، ولكنه ترعرع في ميونخ. لم تكن بدايـة حياته توحـي كثيراً بالعظمة التي حققها. كان من المعـروف أنه لم يتعلم الكلام إلى أن بلـغ الثالثـة من العمـر. وفي تسعينيات القرن التاسع عشـر، وبعد أن فشل عمل والده في الكهرباء، انتقلت الأسرة إلى ميلان، ولكن ألبرت -الذي كان آنذاك مراهقاً- ذهب إلى سويسرا؛ كي يواصل دراسته، بالرغم من أنه فشل في امتحانات دخول الكلية في المحاولة الأولى. وفي 1896 تخلى عن جنسيته الألمانية؛ كي يتجنب التجنيد الإلزامي ودخـل معهـد البولي تكنيك في زيوريـخ في برنامج مدته أربع سنـوات مصمم لتخريج مدرسي ثانوية للمواد العلمية. كان متألقاً لكنه لم يكن متفوّقاً بوصفه طالباً.

تخرج عام 1900 وبعد بضعة أشهر بدأ يسهم بمقالات في مجلة الفيزياء الألمانية. ظهـر بحثـه الأول، عن فيزياء السوائـل في العدد نفسه الذي نشـرت فيه نظرية الكم لبلانـك. ومـن 1902 إلى 1904 أنتج سلسلة من الأبحاث عـن الميكانيكا الإحصائية، فقـط كـي يكتشف أن المنتج الصامت جي. ولارد جيبـز في كونيكتيكت فعل هذا العمل أيضاً في كتابه المبادئ الأولية للميكانيكا الإحصائية في 1901.

* لقد كُرّم آينشتاين، نوعاً ما بنحو غامض، من (أجل خدمات للفيزياء النظرية). كان عليه أن ينتظر ست عشرة سنة، حتى عام 1921، كي يحصل على الجائزة. وهذا وقت طويل جداً، كل شيء فكر به، ولكن لا شيء على الإطلاق، بالمقارنة مع فردريك راينز. الذي اكتشف النيوترينو في 1957 ولكنه لم يحصل على جائزة نوبل حتى 1995، بعد ثمانٍ وثلاثين سنة، أو الألماني إرنست روسكا، الذي اخترع ميكروسكوب الإلكترون في 1932 وحصل على نوبل في 1986، بعد أكثر من نصف قرن. وبما أن جوائز نوبل لا تُمنح أبداً بعد الوفاة، فإن طول العمر يمكن أن يكون عاملاً مهماً كالإبداع في الحصول على واحدة.

وقع ألبرت في غرام طالبة زميلة له، وهي هنغارية اسمها ميلفا ماريك. وفي 1901 أنجبا طفلة خارج الزواج، وُضعت في التبني بنحو مخزٍ. لم يـرَ آينشتاين ابنته أبداً. بعد عامين، تزوج من ماريك. وبين هذه الأحداث، في 1902، حصل آينشتاين على عمل في مكتب الاختراعات السويسري، حيث بقي لمدة سبعة أعوام. استمتع بالعمل: كان متحدياً بما يكفي لتشغيل ذهنه، ولكن ليس إلى درجة حرف انتباهه عن الفيزياء. كانت هذه هي الخلفية التي أنتج فيها نظرية النسبية في 1905.

إن بحث (في الديناميكا الحرارية للأجرام المتحركة) هو أهم الأبحاث العلمية التي سبق ونُشرت، وذلك بسبب كيفية تقديمه ولما قاله. ليس فيه هوامش أو اقتباسات، لا يحتوي على رياضيات تقريباً، ولا يذكر أي عمل أثر به أو سبقه، ولم يقر إلا بمساعدة شخص واحد، وهو زميل في مكتب تسجيل الاختراعات يدعى ميشيل بيسو. كتب سي. بي. سنو، قائلاً: «وكأن آينشتاين «وصل إلى استنتاجات بالفكر المحض، دون مساعدة، ودون إصغاء إلى آراء الآخرين». وإلى حد مفاجئ، هذا ما فعله بالضبط».

إن معادلته الشهيرة $E = mc^2$ لم تظهر في البحث، ولكنها جاءت في ملحق موجز تبعها بعد بضعة أشهر. وكما ستذكرون من أيام المدرسة، إن E في المعادلة اختصار لكلمة طاقة، أما m فهي اختصار لكلمة كتلة و c^2 فهي مربع سرعة الضوء.

بتعبير مبسّط، ما تقوله المعادلة هو أن الكتلة والطاقة متكافئتان. إنهما شكلان للشيء نفسه: الطاقة هي مادة محررة؛ المادة هي طاقة تنتظر الحدوث. بما أن c^2 (سرعة أوقات الضوء نفسها) هي في الحقيقة عدد ضخم جداً كمية ضخمة بالفعل من الطاقة المقيدة في كل ما هو مادي*.

يمكن ألا تشعر أنك قوي بنحو مميز، ولكن إن كنت راشداً في الحجم العادي فستحتوي داخل إطارك المتواضع على ما لا يقل عن $7x10^{18}$ جول من الطاقة الكامنة،

* كيف صارت c رمز سرعة الضوء لا يزال لغزاً، ولكن ديفد بودانيس يقترح أنها ربما جاءت من الكلمة اللاتينية celeritas وتعني السرعة. إن قاموس أكسفورد الذي نُشر قبل عقد من نظرية آينشتاين يعترف بـ c على أنها رمز لأشياء كثيرة، من الكربون إلى الجدجد، ولكنه لا يذكرها على أنها رمز للضوء أو السرعة.

وهي كافية للانفجار بقوة ثلاثين قنبلة هيدروجينية كبيرة جداً، مفترضين أنك تعرف كيف تحرّرها وفعلاً ترغب بأن تقوم بذلك. إن كل شيء يمتلك هذا النوع من الطاقة الحبيسة في داخله. ولكننا لسنا جيدين في إخراجها. حتى قنبلة من اليورانيوم الأكثر طاقة في إنتاجنا حتى الآن تطلق أقل من 1% من الطاقة، التي يمكن أن تطلقها فقط لو كنا أكثر حنكة.

شرحت نظرية آينشتاين -بالإضافة إلى أمور أخرى كثيرة- كيفية عمل الإشعاع: كيف تستطيع كتلة من اليورانيوم أن تطلق جداول مستمرة من الطاقة العالية المستوى دون أن تذوب كقطعة ثلج. (يمكنها فعل ذلك عبر تحويل المادة إلى طاقة بشكل كبير بما يكفي من خلال $E = mc^2$). شرحت النظرية كيف يمكن أن تحترق النجوم لبلايين الأعوام دون أن ينتهي وقودها. (كذا). بشخطة قلم، وفي صيغة بسيطة، منح آينشتاين علماء الجيولوجيا وعلماء الفلك ترف بلايين الأعوام. وقبل كل شيء، أظهرت نظرية النسبية الخاصة أن سرعة الضوء مستمرة ومتفوقة. لا شيء يستطيع أن يسبقها. لقد أدخلت نظريته الضوء (ما من تورية مقصودة هنا) إلى قلب فهمنا لطبيعة الكون. حلت كذلك مشكلة الأثير الساطع عبر إيضاح أنه لم يوجد. لقد منحنا آينشتاين كوناً لا يحتاج إلى هذا الأثير.

إن الفيزيائيين كقاعدة ليسوا مفرطي الانتباه إلى إعلانات موظفي مكتب تسجيل الاختراعات السويسري وهكذا، بالرغم من وفرة الأنباء المفيدة التي قدمتها أبحاث آينشتاين فإنها لم تجذب سوى انتباه قليل. فبعد أن حلّت عدداً من أعقد الألغاز في الكون، قدم آينشتاين من أجل الحصول على عمل محاضرٍ في الجامعة ولكن طلبه رُفض، ثم قدم من أجل منصب مدرس في ثانوية لكن طلبه رُفض أيضاً. وهكذا عاد إلى عمله كتقني من الدرجة الثالثة، ولكنه واصل التفكير بالطبع. ذلك أنه لم ينتهِ بعد.

حين سأل الشاعر بول فاليري مرة آينشتاين إن كان يحتفظ بدفتر لتسجيل أفكاره، نظر إليه آينشتاين بدهشة خفيفة ولكنها أصيلة. وأجاب: «آه، هذا غير ضروري. نادراً ما أحمل دفتراً». ولكنه حين حصل على واحد كان جيداً. كانت فكرة آينشتاين اللاحقة هي أعظم فكرة سبق أن خطرت لأحد، والواقع أنها كانت الأعظم، بحسب

بورس وموتز وويفر في كتابهما الجيد الذي يؤرخ للعلم الذري. قالا: «كما أنها من إبداع ذهن واحد، فهي دون شك أعلى إنجاز فكري في تاريخ البشرية»، وهذا أفضل إطراء يمكن الحصول عليه.

وفي 1907، أو ما يقارب ذلك، قيل أحياناً: إن ألبرت آينشتاين رأى عاملاً يسقط عن السطح وبدأ يفكر بالجاذبية. للأسف، وعلى غرار كثير من القصص الجيدة تبدو هذه وكأنها مشكوك في صحتها. فبحسب آينشتاين نفسه، كان يجلس على كرسي حين خطرت له مشكلة الجاذبية.

والواقع أن ما خطر في ذهن آينشتاين هو شيء أقرب إلى بداية حل لمشكلة الجاذبية، بما أنه كان واضحاً له من البداية أن الشيء الوحيد الناقص في نظرية النسبية هو الجاذبية. ما كان «خاصاً» حيال النظرية هو أنها تعاملت مع أمور تتحرك دون عقبات. ولكن ما الذي يحدث حين يصادف شيء متحرك ألا وهو الضوء عائقاً كالجاذبية؟ كانت هذه مسألة شغلت أفكاره في معظم العقد اللاحق وقادت في بداية 1917 إلى نشر بحث بعنوان «اعتبارات كونية حول نظرية النسبية الخاصة». كانت نظرية النسبية الخاصة لعام 1905 عملاً مهماً وعميقاً، بالطبع؛ ولكن، كما قال سي. بي. سنو مرة، لو أن آينشتاين لم يفكّر بها لكان قد فعل ذلك شخص آخر، على الأرجح في غضون خمس سنوات؛ فقد كانت هذه فكرة تنتظر الحدوث. ولكن نظرية النسبية العامة كانت شيئاً آخر تماماً. وقال سنو في 1979: «من دونها، لكان من المحتمل أننا ما نزال ننتظر النظرية اليوم».

بغليونه، وطريقته اللطيفة الحيية وشعره المكهرب، كان آينشتاين شخصاً رائعاً، بحيث لم يبقَ غامضاً بشكل مستمر. وفي 1919 - حين وضعت الحرب أوزارها - اكتشفه العالم فجأة. وتقريباً في الحال حصلت نظريتاه في النسبية على شهرة بأنه من المستحيل على الشخص العادي أن يفهمهما. لم تتوضح المسائل - كما يشير ديفد بودانيس في كتابه الممتاز $E = mc^2$ - حين قررت النيويورك تايمز أن تنشر قصة، ولأسباب أثارت الدهشة أرسلت مراسل الصحيفة لرياضة الجولف، هنري كراوتش، للقيام بالمقابلة.

لم يكـن كراوتشـ عميقاً، وأخطـأ في كل شيء تقريباً. وكان مـن الأخطاء الأكثر فداحـة في تقريره الجزم، بأن آينشتايـن عثر على ناشر جريء بما يكفي؛ كي ينشر كتابـاً لا يستطيع إلا اثنـا عشر شخصاً «في العالم فحسب أن يفهموه». لم يكن هناك كتـاب كهـذا، أو ناشـر كهذا، ولا دائـرة من الرجـال المتعلمين كهـذه، ولكن الفكرة انتشـرت بأي حال. وحالاً اختُزل عدد الأشخاص الذين يستطيعون فهم النسبية إلى أكثر من ذلك في المخيلة الشعبية. ويجب أن يُقال: إن المؤسسة العلمية، فعلت القليل؛ كي تزعج هذه الأسطورة.

حـين سأل صحفي عالم الفلك البريطاني السـير آرثر إدنغتون: إن كان صحيحاً أنه كان أحد الأشخاص الثلاثة في العالم، الذين يستطيعون فهم نظرية النسبية لآينشتاين، فكّـر إدنغتـون لحظة بعمق وأجـاب: «أنا أحـاول أن أفكر من هو الشخصـ الثالث». في الحقيقـة، إن المشكلـة مع النسبية لم تكن أنهـا شملت كثيراً من المعـادلات التفاضلية، وتحولات لورينتز ورياضيات أخرى معقدة بالرغم من أنها فعلت ذلك، حتى آينشتاين، كان يحتاج إلى المساعدة في بعض منها، بل إنها كانت تماماً غير حدسية بنحو كامل.

مـا تقوله النسبيـة في الجوهر هو أن الزمان والمكان غـير مطلقين، وإنما نسبيان لـكل من الراصد والشيء الذي يُرصد، وكلّما تحـرك المرء بنحو أسرع كلما أصبحت هـذه التأثيرات أكـثر وضوحاً. لا نستطيع أبـداً أن نسرّع أنفسنـا إلى سرعة الضوء، وكلمـا حاولنا بجد أكبر (كلما تحركنا بسرعـة أكبر) كلما صرنا أكثر تشوّهاً، نسبياً لراصد خارجي.

حـاول الذين يجعلون العلـم جماهيريـاً أن يستنبطوا في الحال طرقـاً لجعل هذه المفهومـات متاحة لفهم الجمهور الأوسع. كانت إحـدى أكثر المحاولات نجاحاً تجارياً على الأقل هي كتاب ألف باء النسبية، الذي ألّفه الرياضي والفيلسوف برتراند رسل. وفي هذا الكتاب وظف رسل صورة استُخدمت مرات كثيرة منذ ذلك الوقت. طلب من القـارئ أن يتصـور قطاراً طولـه 100 ياردة يتحرك بنسبة 60% مـن سرعة الضوء. بالنسبـة لشخص يقف على منصة ويراقبه وهو يمـرّ، سيظهر القطار على أنه بطول 80 يـاردة فقـط وكل شـيء فيه سيبـدو مضغوطاً بنحـو مشابـه. إذا استطعنا سماع

المسافريـن في القطار يتحدثون، فستبدو أصواتهم مجمجمة وضعيفة، كشريط مشغّل بسرعـة بطيئـة جداً، وستبدو حركاتهـم بنحو مشابه غير رشيقـة. حتى الساعات في القطار ستبدو كأنها تمر في أربعة أخماس سرعتها الطبيعية.

علـى أي حـال وهنا الأمـر لن يمتلـك ركاب القطـار إحساساً بهـذه التشويشات. بالنسبـة لهم، كل شيء في القطار سيبدو طبيعياً تمامـاً. أما نحن الذين على المنصة فهـم الذيـن سيبدون مضغوطين بنحـو غريب وبطيئين. وكل هـذا يتعلق -كما ترون- بموقعكم بالنسبة إلى الشيء المتحرك.

يحـدث هذا التأثير فعلياً في كل مرة تتحركون فيهـا. طيروا عبر الولايات المتحدة وستنزلون من الطائرة أصغر بجزء من واحد كوينزليون من الثانية من أولئك المتروكين في الخلف. حتى حين تسيرون عبر الغرفة ستبدلون بنحو ضئيل جداً تجربتكم الخاصة في الزمـان والمكان. فقـد حُسب أن كرة قاعدة ترمى بسرعة 160 كيلومتراً في الساعة سوف تلتقط 0.000000000002 غرام من الكتلة في طريقها إلى الهدف. وهكذا فإن تأثـيرات النسبية حقيقيـة وتم قياسها. والمشكلة هي أن تغيـيرات كهذه صغيرة جداً، بحيث لا تبدو مهمة لنا، لكنها مسائل مهمة بالنسبة لأمور أخرى في الكون.

وهكـذا إذا بدت أفكار النسبيـة غريبة، فإن هذا يعود فقط إلى أننا لا نجرّب هذه الأنـواع من التفاعلات في الحياة العادية. على أي حال، لنعد إلى بودانيس مرة ثانية. نقابـل جميعنا أنواعاً أخرى من النسبية -على سبيـل المثال- بخصوص الصوت. إذا كنت في حديقة وكان هناك أحد يعزف موسيقى مزعجة، فأنت تعرف أنك إذا انتقلت إلى بقعـة أبعد فإن الموسيقـى تصبح أخف بالطبع، وهذا يعني أن موقعك بالنسبة لها قد تغيّر. بالنسبة لشيء صغير جداً وبليد بحيث لا يستطيع أن يقوم بهذه التجربة لنقل سلحفـاة قد تكون غير معقولـة فكرة أن صندوقاً موسيقياً يمكـن أن يبدو لراصدين، كأنه ينتج لحنين مختلفين من الموسيقى في آن واحد.

إن الأكثر تحدياً ولاحدسية من كل المفهومات في نظرية النسبية هو فكرة أن الزمان جزء من المكان. تميل غريزتنا إلى عد الزمان أبدياً ومطلقاً وثابتاً؛ ونعتقد أن لا شيء

يستطيـع أن يزعج ثباته. وفي الحقيقــة، وبحسب آينشتايــن، إن الزمن متنوع ومتغير ودائمــاً له شــكل. إنه مقيد «مترابط داخليــاً بنحو لا يمكن فصلــه»، كما عبر ستيفن هوكينغ مع الأبعاد الثلاثة للمكان في بعد مثير للفضول يُدعى (الزمكان).

يُشــرح الزمــكان عادة عبر الطلب منك أن تتخيّل شيئــاً مستوياً لكنه مطواع، أو فرشة، أو قطعة من المطاط، يستقر عليها شيء دائري ثقيل، ككرة حديدية. إن وزن الكــرة الحديدية يسبّب تمدد المادة التي يستقر عليها فترتخي قليلاً. وهذا متناظر تقريبــاً مع التأثير الذي يحدثه شيء كبير كالشمس (الكرة الحديدية) في الزمكان (المــادة): إنهــا تمدده وتحنيه وتغلّفــه. الآن، إذا دحرجت كــرة أصغر عبر الورقة، فإنها تحاول الانطلاق في خط مستقيم كما تقتضي قوانين نيوتن الخاصة بالحركة، ولكــن حين تقترب من الشــيء الكبير ومنحدر النسيج المرتخــي، فإنها تنحدر نحو الأسفل مشدودة بنحو يتعذّر اجتنابه إلى الشيء الأضخم. هذه هي الجاذبية: نتاج انعطاف الزمكان.

إن كل ما له كتلة يخلق قليلاً من الانخفاض (الضعف) في نسيج الكون. وهكذا فإن الكون -كما عبرّ دينيس أوفرباي- هو «الفرشة المرتخية المطلقة». والجاذبية -في هذا المنظــور- لم تعد شيئاً كنتيجــة: «ليست قوة وإنما نتاج فرعي للزمكان المنحرف»، كما عــبرّ عالم الفيزياء ميشيو كاكو، الذي تابع القــول: «بمعنى ما، الجاذبية لا توجد؛ ما يحرّك الكواكب والنجوم هو تشوّه المكان والزمان».

إن مثال الفرشة المرتخية يستطيع أن يأخذنا فقط بعيداً؛ لأنه لا يستطيع أن يدمج تأثــير الزمن. ولكن عندئــذ، تستطيع أدمغتنا أن تأخذنا فقط حتــى الآن؛ لأنه تقريباً مــن المستحيل تصوّر بُعدٍ يضمّ ثلاثة أجزاء مكان إلى جزء زمن واحد، وكله متشابك كخيوط في نسيج مربّع النقش. على أي حال، أعتقد أننا نستطيع أن نتفق أن هذه كانت فكرة كبيرة بنحو مزعج بالنسبة لشاب يحدق من نافذة مكتب تسجيل الاختراعات في عاصمة سويسرا.

اقترحت نظرية النسبية لآينشتاين -بين أمور أخرى كثيرة- أن الكون إما هو يتمدّد وإما هــو يتقلّص. ولكن آينشتاين لم يكن عالمــاً بالكوزمولوجيا وقبل الحكمة السائدة

بـأن الكـون ثابت وأبدي. أدخـل في معادلاته بنحو انفعالي تقريبـاً شيئاً يدعى الثابت الكـوني، الـذي وازن بنحو اعتباطي تأثـيرات الجاذبية، خادماً كنوع مـن زر التوقف الرياضــي. إن الكتب التي تتحدث عن تاريخ العلم تغفـر لآينشتاين دوماً هذا الخطأ، ولكنه كان في الواقع قطعة من العلم مخيفة حقاً وكان يعرفها. دعاها: «الخطأ الفادح في حياتي».

في الوقـت الـذي كان فيـه آينشتاين يضم ثابتـاً كونياً إلى نظريتـه، كان هناك في مرصـد لويل في آريزونا عالم فلك يتمتع باسـم بيمجريّ مبهج هو فيستو سليفر (كان في الحقيقـة من إنديانـا)، وكان يقوم بقراءات طيفية للنجـوم البعيدة ويكتشف أنها تبدو وكأنها تتحرك بعيداً عنا. لم يكن الكون ثابتاً. فالنجوم التي رصدها سليفر أبدت إشـارات لا تخطئ لما يسمى بـ «إزاحة دوبلـر»: كالصوت المميز المتطاول الذي تصدره السيارات حين تمر بسرعة على مسار سباق*. تنطبق الظاهرة أيضاً على الضوء، وفي حالـة تراجع المجرات يعرف هذا باسم الانزياح الأحمر** (لأن الضوء الذي يتحرك بسرعـة بعيداً عنا ينـزاح إلى الأحمر في نهاية الطيف؛ مقتربـاً من انزياحات الضوء إلى الأزرق).

كان سليفـر أول مـن لاحظ هـذا التأثير في الضـوء وأدرك أهميتـه الكامنة لفهم حـركات الكون. ولسوء الحظ، لا أحد لاحظه كثيراً. فقد كان مرصد لويل –كما يمكن أن تتذكـروا– مكاناً غريباً بسبـب هوس برسيفال لويل بالقنوات المريخية، التي جعلته في العقـد الأول مـن القـرن العشرين قاعدة أماميـة للمسعى الفلكـي. لم يكن سليفر مطلعـاً علـى نظرية النسبية لآينشتايـن وكان العالم غير مدرك بنحـو مساوٍ لسليفر. وهكذا فإن اكتشافه لم يكن له تأثير.

---

* سمي على اسم جوهان كريستيان دوبلر، العالم النمساوي، الذي كان أول من لاحظ التأثير في 1842. فبنحو موجز، ما يحدث هو أن شيئاً يتحرك يقترب من شيء ثابت، فإنها أمواجه الصوتية تصبح أكثر تردداً وهي تحتشد إزاء أي أداء تتلقاها (لنقل أذنيك)، تماماً كما تتوقّع من أي شيء يُدفع من الخلف نحو شيء ثابت. هذا التردد يدركه المستمع على أنه نوع من الصوت المتطاول (اليي). وفيما يمر مصدر الصوت، فإن موجات الصوت تنتشر وتطول، جاعلة الإيقاع يهبط فجأة (اليم).

** انزياح الخطوط الطيفية لبعض النجوم والمجرات نحو اللون الأحمر، وذلك من جرّاء تباعد تلك النجوم والمجرّات عن الأرض. المترجم.

سيحظى بالمجد بدلاً من ذلك كتلة ضخمة من الأنانية تدعى إدوين هبل. ولد هبل في 1889، بعد عشر سنوات من ولادة آينشتاين، في بلدة صغيرة في ولاية ميسوري على حافة الأوزاركس Ozarks وترعرع هناك في (ويتن، إيلينوي)، وهي ضاحية في شيكاغو. كان والده مدير ضمان ناجحاً، ولهذا كانت حياته مريحة دوماً، وتمتّع إدوين بثروة من العطايا الجسدية، أيضاً. كان رياضياً قوياً وموهوباً، و ساحراً وذكياً وجميل المنظر بنحو كبير. كان «أنيقاً بشكل معيب تقريباً»، كما وصفه وليم هـ. كوبر، ودعاه معجب آخر بـ«أدونيس». وكما يروي عن نفسه، أدخل في سيرة حياته أعمالاً جسورة متواصلة كإنقاذ السباحين الغارقين، وقيادة الرجال الخائفين إلى الأمان عبر ساحات المعركة في فرنسة، مزعجاً أبطال العالم في الملاكمة بضربات قاضية في جولات العرض. بدا كل هذا جيداً بحيث تم تصديقه. وبالإضافة إلى كل مواهبه، كان هبل كاذباً كبيراً أيضاً.

وهذا أكثر من غريب، ذلك أن حياة هبل كانت مليئة من سن مبكرة بمستوى من التميز الأصيل، الذي كان أحياناً ذهبياً بشكل يدعو إلى السخرية. ففي مسابقة في الثانوية في 1906، فاز بالقفز العالي، وفي رمي الكرة الحديدية، والقرص، ورمي المطرقة، والقفزة العالية وقوفاً والقفزة العالية ركضاً، وكان في فريق البدل للفريق الفائز. وكان الثالث في القفز الطويل. وفي العام نفسه، سجل رقماً قياسياً في ولاية إلينيوي في القفز المرتفع.

كان بارعاً في البحث بنحو مساوٍ، ولم تواجهه مشكلة في الحصول على قبول جامعي لدراسة الفيزياء وعلم الفلك في جامعة شيكاغو (حيث -بالمصادفة- كان رئيس القسم آنذاك ألبرت متشلسون). وقد اختير هناك؛ كي يكون واحداً من باحثي رودس الأوائل في أكسفورد. وعلى ما يبدو قلبت رأسه ثلاثة أعوام من الحياة الإنكليزية، ذلك أنه عاد إلى ويتون في 1913 يعتمر قبعة، ويدخن الغليون ويتحدث بلكنة جهورية مميّزة ليست إنكليزية تماماً، ولكنها ليست غير إنكليزية تماماً بقيت معه طوال حياته. وبالرغم من أنه زعم فيما بعد أنه أمضى معظم العقد الثاني من القرن يمارس القانون في كنتكي، فإنه عمل في الحقيقة كمدرس في ثانوية ومدرب كرة سلة في نيو ألباني، وإنديانا، قبل أن يحصل

متأخراً على شهادة الدكتوراه ويخدم في الجيش لمدة وجيزة. (وصل إلى فرنسة قبل شهر من الهدنة ومن المؤكد أنه لم يسمع طلقة نارية واحدة أطلقت في حالة غضب).

وفي 1919 –وقد بلغ الثلاثين من العمر– انتقل إلى كاليفورنيا وحصل على منصب في مرصد جبل ولسون قرب لوس أنجلس. وبسرعة –وبنحو أكثر من مفاجئ بقليل– أصبح عالم الفلك الأبرز في القرن العشرين.

يستحق الأمر أن نتوقف قليلاً؛ كي نفكّر كم كان القليل معروفاً عن الكون في هذا المكان. يعتقد علماء الفلك اليوم أن هناك على الأرجح 140 بليون مجرة في الكون المرئي. هذا عدد ضخم، أكبر بكثير من مجرّد القول: إنه سيقودك إلى الافتراض. لو كانت المجرات بازلاء مجمدة، لكانت كافية لملء مدرج كبير، ولنقل حديقة بوسطن القديمة أو قاعة ألبرت الملكية. (وقد حسب ذلك عالم فيزياء فلكية يدعى بروس غريغوري). في 1919، حين ركز هبل تفكيره على العدسة، كان عدد المجرات المعروفة لنا واحداً: الدرب اللبنية. اعتُقد أن كل شيء آخر هو إما جزء من الدرب اللبنية أو غاز من الغازات المحيطة. شرح هبل بسرعة خطأ ذلك الاعتقاد.

في العقد اللاحق، عالج هبل اثنين من أهم الأسئلة في الكون: كم عمره، وكم حجمه؟ ومن أجل الإجابة عن السؤالين من الضروري معرفة أمرين: كم تبعد مجرّات معيّنة وكم سرعة طيرانها عنا (ما يُعرف باسم سرعتها الانسحابية). إن الانزياح الأحمر يقدم السرعة التي تنسحب بها المجرّات، ولكنه لا يخبرنا مسافة البعد التي تبدأ بها. ذلك أننا بحاجة إلى ما يدعى بـ «الشموع القياسية*»، نجوم يمكن أن يُحسب تألقها بنحو موثوق ويُستخدم على أنه نقاط ارتكاز لقياس التألق (ومن هنا المسافة النسبية) لنجوم أخرى.

حالف هبل الحظ بسرعة بعد أن استنتجت امرأة بارعة اسمها هنرييتا سوان ليفت طريقة للعثور على هذه النجوم. عملت ليفت في مرصد كلية جامعة هارفارد بوصفها حاسوباً، كما كانت تُعرف. وكانت «الحواسيب» تمضي حياتها في دراسة ألواح الصور الفوتوغرافية للنجوم والقيام بالحسابات، ومن هنا جاء الاسم. كان عملاً أكثر مشقة

* وحدات لقياس شدّة التألّق. المترجم.

بقليل لو كان لها اسم آخر، ولكنها كانت قريبة كما بوسع النساء الاقتراب من علم الفلك الحقيقي في هارفارد أو بالفعل، في أي مكان آخر في تلك الأيام. وبالرغم من أن النظام غير عادل فإنه امتلك فوائد غير متوقعة: كان هذا يعني أن نصف العقول الأروع المتاحة وُجِّهت إلى العمل الذي كان سيجذب القليل من الانتباه والتأمل وضَمنَ أن النساء صرن يستوعبن البنية الرائعة للكون، التي فاتت غالباً النظراء من الذكور.

استخدمت أحد «كمبيوترات هارفرد»، آني جمب كانون، معرفتها بالنجوم كي تخترع نسقاً من التصنيفات النجميّة ما يزال يُستخدم حتى الآن. ولكن إسهام ليفت كان أكثر عمقاً. لاحظت أن نمطاً من النجوم المعروف باسم النجوم القيفاويّة* (على اسم كوكبة قيفاوس، حيث حُدّد الأول) تنبض بإيقاع منتظم؛ نوع من خفقان القلب النجمي. كانت النجوم القيفاويّة نادرة، ولكن واحداً منها على الأقل معروف جيداً لمعظمنا. إن نجم القطب هو قيفاويّ.

نعرف الآن أن النجوم القيفاويّة تنبض؛ لأنها نجوم كبيرة عبرت «طور تعاقبها الرئيس» -في اصطلاحات علماء الفلك- وصارت عمالقة حمراً. إن كيمياء العمالقة الحمر ثقيلة جداً بالنسبة لأهدافنا هنا (تتطلب فهماً لمواصفات ذرات الهليوم المؤيّنه بنحو فردي «المحوّلة إلى أيونات»، بين أمور أخرى كثيرة)، ولكن إذا عبرّنا ببساطة فإن هذا يعني أنها تحرق وقودها المتبقي بطريقة تنتج تألقاً وبهوتاً إيقاعيين وموثوقين جداً. تجلّت عبقرية ليفت في إدراكها أننا إذا قارنّا بين الأحجام النسبية للنجوم القيفاويّة في نقاط مختلفة من السماء، نستطيع أن نستنتج مواضعها عن طريق العلاقة بين بعضها. يمكن أن تُستخدم على أنها شموع للقياس، وهذا مصطلح نحتته هي ولا يزال شائعاً. لم يقدم المنهج إلا المسافات النسبية، مغفلاً المسافات المطلقة، ولكن كانت هذه أول مرة ابتكر فيها أحد طريقة مفيدة لقياس الكون الضخم.

(ومن أجل أن نضع هذه الاستبصارات في منظور، ربما كان من الجدير بالذكر أنه في الوقت الذي كانت فيه ليفت وكانون تستنتجان مواصفات جوهرية للكون من لطخ نجوم بعيدة على ألواح فوتوغرافية، كان عالم الفلك في هارفارد وليم هـ. بيكرينغ

* أي من مجموعة من النجوم المتغيّرة التي يُنسب تغيّر لمعانها إلى تقلّص حجمها وتمدّده على نحو متعاقب.

-الـذي كان بوسعه أن ينظر عبر التلسكوب الذي مـن الصنف الأول كلما أراد- كان يطوّر نظريته الرشيميّة بأن البقع السوداء التي على القمر ناجمة عن حشود حشرات تهاجر موسميّاً.

مازجـاً عصا ليفـت الياردیّـة بالانزياحـات الحمـراء الملائمة الخاصـة بفيستو سليفـر، بـدأ هبل يقيس نقاطاً منتقـاة في الفضاء بعين جديـدة. وفي 1923 أظهر أن نفخـة من لعـاب الشمس في كوكبة أندرو ميـدا يعرف باسم إم[31] ليس سحابة غازية مطلقـاً، وإنمـا علامة نجوم، ومجرةٍ، تبعد ثلاث مئة سنـة ضوئية في الجانب الآخر، وتبعـد على الأقل تسع مئة ألف سنة ضوئية. كان الكون أرحب، أرحب بكثير مما سبق وافترض أي شخـص. وفي 1924 ألّف هبل بحثاً مهماً، بعنـوان «النجوم القيافويّة في المجرة اللولبيّة»، مظهراً أن الكون لا يتألف من الدرب اللبنية فحسب؛ بل من كثير من المجرات المستقلة: «جزر أكوان»، كثير منها أكبر من الدرب اللبنية وأكثر بعداً.

كان هـذا الاكتشـاف وحده سيضمن الشهرة لهبل، ولكنه استـدار الآن إلى مسألة استنتـاج كم هـو الكون أكبر، وقام حتـى باكتشاف أكثر قوة. بدأ هبـل يقيس أطياف المجـرات البعيـدة، وكان هذا هو العمل الذي شـرع به سليفر في آريزونـا. مستخدماً تلسكـوب هوكر الجديد في جبل ولسـون، الذي بطول 100 إنش وبعض الاستنتاجات الذكية، اكتشف في أوائل الثلاثينيات أن جميع المجرات التي في السماء (عدا عنقودنا المحلـي) تتحرك بعيداً عنّـا. فضلاً عن ذلك، إن سرعتها وبعدهـا متناسبان تقريباً: فكلما ابتعدت المجرة، كلما زادت سرعة حركتها.

كان هـذا مدهشاً بحق. كان الكون يتمدّد بسرعـة في جميع الاتجاهات. ولم يحتج الأمـر إلى كميـة كبيرة من التخيل للقراءة نحو الخلف انطلاقـاً من هذا، وإدراك أنه بالآتـي يجـب أن يكون قد بـدأ من نقطة مركزية مـا. بعيداً عن كونه الفـراغ المستقر والثابت والأبدي الذي افترضه الجميع دوماً، كان هذا كوناً له بداية.

إن الأعجوبـة -كما قال ستيفن هوكينـغ- هي أنه لا أحد اكتشف فكرة تمدد الكون من قبل. كون الكون ثابتاً كان مبدأً جلياً لنيوتن وجميع علماء الفلك المفكرين، وسينهار

علــى نفسه. كانت هناك أيضاً مشكلة أنــه إذا كانت النجوم تشتعل بنحو دائم في كون ثابت، فإنها ستسبب ارتفاع حرارة لا يُحتمل، وهي بالتأكيد حرارة عالية جداً بالنسبة لأشباهنا. لقد حلّ الكون المتمدد كثيراً من هذه الأمور بجرَّة قلم.

كان هبـل راصـداً أكثر مما هـو مفكر ولم يدرك علــى الفور المعــاني الضمنية لما اكتشفه. ويعود هذا في جزء منه إلى أنه كان يجهل بنحو مخيف نظرية النسبية، التي أبدعها آينشتاين. كان هذا فاقعاً، لسبب واحد؛ لأن آينشتاين ونظريته عمت شهرتهما العــالم. فضلاً عن ذلك، قبل ألبرت متشلســون –الذي كان آنذاك في أعوامه الأخيرة إلا أنه كان الأكثر تيقظاً وتقديراً بين العلماء– وظيفةً في جبل ولسون؛ كي يقيس سرعة الضــوء بمقياس التداخل الذي اخترعه، ومن المؤكد أنه ذكر له إمكانية تطبيق نظرية آينشتاين على اكتشافاته.

علــى أي حال، أخفق هبل في اغتنام الفرصة النظرية حين سنحت. بدلاً من ذلك، تــرك الأمــر لباحــث وقس بلجيكي (يحمــل الدكتوراه مــن الإم آي تــي) يدعى جورج ليميــتر Georges Lemaitre كي يجمــع الخيطين في نظريته عــن «الألعاب النارية»، التــي اقترحت أن الكون بدأ مثل نقطة هندسية، مثل «ذرة أوليّة» انفجرت إلى العظمة وكانــت تتحــرك منفصلة عن بعضهــا منذ ذلك الوقــت. كانت فكــرة توقعت المفهوم الحديــث عن الانفجــار العظيم، ولكنها كانت سابقة لزمانهــا، بحيث إنّ ليميتر نادراً مــا حصل على أكــثر من الجملة أو الجملتين اللتين منحناهمــا له هنا. واحتاج العالم إلى عقــود إضافية، وإلى الاكتشــاف غير المقصود للإشعاع الخلفي الكوني، الذي قام بــه بنزياس وولســون في هوائيهما الذي أصــدر هسيساً في نيوجرســي، قبل أن ينتقل الانفجار الكوني من فكرة ممتعة إلى نظرية أصيلة.

لم يكن هبل ولا آينشتاين جزءاً كبيراً من تلك القصة الكبيرة. وبالرغم من أنه لم يحضر القصة أحد في ذلك الوقت، فإن الرجلين قد أنجزا كثيراً.

في 1936 نشر هبل كتاباً شعبياً بعنوان (مملكة المجرات)، شرح فيه بأسلوب مسلّ إنجازاتــه المعتبرة. وأظهر في هذا الكتاب أخيراً أنــه اطّلع على نظرية آينشتاين، إلى نقطة ما، على أي حال: لم يخصص لها إلا صفحتين من قرابة 200 صفحة.

توفي هبل إثر نوبة قلبية في 1953. وكانت تنتظره غرابة صغيرة واحدة. فلأسباب يكتنفها الغموض، رفضت زوجته إعداد جنازة له ولم تكشف أبداً ما فعلته بجثته. بعد نصف قرن لا يزال مكان جثة أعظم عالم فلك مجهولاً. يجب أن تنظروا إلى السماء وإلى تلسكوب هبل الفضائي الذي أطلق في عام 1990 تخليداً لذكراه.



الفصل التاسع

الذرّة الجبّارة

فيما كان آينشتاين وهبل يشرحان البنية الضخمة للكون، كان آخرون يصارعون لفهم شيء أكثر قرباً: الذرة الصغيرة والغامضة على الدوام.

قال عالم الفيزياء العظيم الذي من كالتيك Caltech رتشارد فينمان في إحدى المرات: إذا أردتم اختزال التاريخ العلمي إلى مقولة واحدة مهمة فستكون: «إن جميع الأشياء مصنوعة من الذرة». إنها في جميع الأمكنة وتؤلّف كل شيء. انظروا حولكم. كل شيء ذرات. ليس الأشياء الصلبة كالجدران والطاولات والمقاعد فحسب، وإنما الجو الذي في الداخل. وهي هناك في أعداد لا تستطيعون إحصاءها.

إن الترتيب الأساسي العامل للذرات هو الجزيء (وهو كلمة مشتقة من اللاتينية تعني «الكتلة الصغيرة»). ويتألف الجزيء من ذرّتين أو أكثر تعملان في ترتيب ثابت تقريباً: أضفْ ذرتين من الهيدروجين إلى ذرة أوكسجين وستحصل على جزيء ماء. ويميل الكيميائيون إلى التفكير من زاوية الجزيئات لا العناصر، كما يفكر الكتاب من زاوية الكلمات لا الأحرف، وهكذا فهم يحصون الجزيئات وهذه كثيرة جداً في أقل تقدير. فعلى مستوى البحر، وفي درجة حرارة تبلغ الصفر على المقياس السنتغرادي، إن سنتمتراً مكعباً من الهواء (أي فراغ بحجم قطعة سكّر) يحتوي على 45 بليون جزيء. والجزيئات موجودة في كل سنتمتر مكعب ترونه حولكم. فكّروا كم هناك من السنتمترات المكعبة في العالم خارج نافذتكم، وكم سيحتاج الأمر إلى مكعبات سكّر لملء ذلك المنظر. ثم فكّروا كم سيحتاج الأمر إلى بناء كون. إن الذرات هي -باختصار- وافرة جداً.

إن الذرات مستمرة بشكل يفوق الخيال. ولأن حياتها طويلة، فإنها في الواقع تنتشر حولنا. فكل ذرة تمتلكونها مرت بالتأكيد عبر العديد من النجوم، وكانت جزءاً من

ملايــين مــن المتعضيّات في طريقها لتصبــح أنتم. فنحن غزيرون جــداً على الصعيد الــذري ويعــاد تصنيعنا بقــوة عند الموت بحيــث إنّ عدداً كبيراً من ذراتنــا بليون لكل منــا، كما قيل كان على الأرجح مرة لشكسبير. وجاءت بلايين أخرى من بوذا وجنكيز خــان وبيتهوفــن، وأي شخصية تاريخية تهتم بتسميتها. (وعلى ما يبدو يجب أن تكون الشخصيات تاريخية بما أن الأمر يستغرق عدة عقود بالنسبة للذرات؛ كي تُوزّع بنحو كامل؛ ومهما رغبت بالأمر، فإنك لست متوحداً مع ألفيس بريسلي).

وهكــذا فإننا جميعاً تجسّدات جديدة، بالرغم مــن أن حياتنا قصيرة. فحين نموت، تتفــرّق ذرّاتنا وتنتقل للعثور علــى استخدامات جديدة في مكان آخــر كجزء من ورقة أو كائن بشري آخر أو قطرة ندى. والذرات نفسها -على أي حال- تستمر عملياً إلى الأبد. ولا أحــد يعرف بالفعل كم يمكــن أن تحيا ذرة، ولكن بحسب مارتن ريس فإنها تحيا على الأرجح 10^{35} أعوام، وهذا رقم كبير جداً بحيث إنّني سعيد للتعبير عنه بترميز رياضي.

فضلاً عن ذلك، إن الذرات صغيرة؛ صغيرة جداً بالفعل. إن نصف مليون منها إذا تراصف إلى جانب بعضه بعضاً يستطيع أن يختفي خلف شعرة. وعلى ميزان كهذا من المستحيل تخيّل ذرة وحيدة جوهرياً، ولكننا نستطيع أن نحاول بالطبع.

ابــدؤوا بالمليمتر، الذي هو خط بهذا الطول. تخيّلوا الآن أن هذا الخط مقسّم إلى ألــف قطعــة مساوية. إن كلاً من هــذه القطع هو ميكرون*. وهذا هــو ميزان المتعضّي المجهــري. إن برامسيــوم عادي، على سبيــل المثال وهو أحادي الخليــة يعيش في المياه العذبــة يبلغ عرضه نحو 2 ميكرون، 0.002 مليمــتر، وهذا حقاً صغير جداً. إذا أردتم أن تــروا بأعينكــم المجردة هذا الحيــوان وهو يسبح في قطرة مــاء، فعليكم أن تكبّروا هــذه القطرة إلى تصبح بعرض 12 مــتراً. على أي حال، إذا أردتم أن تروا الذرات في القطرة نفسها، فعليكم أن تجعلوا القطرة بعرض 24 كيلومتراً.

بتعبــير آخر، توجد الذرات على ميزان من الصغــر من نظام آخر تماماً. وللنزول إلى مستوى الذرات، عليك أن تأخذ كلاً من هذه القطع الميكرونية وتقطعها إلى عشرة

* جزء من المليون من المتر. المترجم.

آلاف قطعة أكثر صغراً. هذا هو قياس الذرة: جزء من عشرة ملايين من المليمتر. إن هـذه درجة من الصغر تتجاوز مقـدرة مخيلاتنا، ولكنكم تستطيعون أن تأخذوا فكرة عـن النِسب إذا وضعتم في أذهانكـم أن ذرة واحدة، هي بالنسبة لخط الميليمتر ذاك في الأعلى بسماكة الورقة بالنسبة لارتفاع مبنى الإمباير ستيت.

إن الوفـرة والاستمراريـة المفرطـة للذرات هي التـي تجعلها مفيـدة، أما صغرها فيجعـل من الصعب رصدها وفهمهـا. إن إدراك أن الذرات هي هـذه الأمور الثلاثة: صغـيرة، وافرة، وغير قابلة للتدمير عمليـاً، وأن جميع الأشياء تُصنع منها، لم يخطر في البدايـة لأنطوان لوران لافوازييه، كما يمكن أن تتوقعوا، أو حتى لهنري كافندش أو همفري ديفي، وإنما خطرت لصَاحِبيٍّ بريطاني نادرٍ وجيدِ الثقافة يُدعى جون دالتون، تحدثنا عنه في الفصل السابع.

وُلد دالتون في 1766 عند حافة مقاطعة ليك، قرب كوكرماوث، لأسرة من النسّاجين الصاحبيـين الفقراء والمتدينـين. (بعد أربع سنوات جاء الشاعـر وليم وردزورث إلى العـالم في كوكرماوث) كان دالتون طالباً ذكياً على نحو استثنائي ومتألقاً جداً، بحيث إنّـه في ذلك السن الفتـي في الثانية عشرة وُضـع تحت مسؤولية المدرسـة الصاحبيّة المحليـة. وربما يتحدث هذا عن المدرسة بقدر مـا يتحدث عن إدراك دالتون السّبقي، ولكن ربما لا:فنحن نعرف من يومياته أنه في هذا الوقت كان يقرأ كتاب المبادئ لنيوتن في أصلـه اللاتيني بتعبير آخر، كان يتمتع بطبيعة متحدية بنحو مشابه. وفي الخامسة عشـرة -وكان مـا يزال يدرّس في المدرسة- حصل على عمـل في بلدة كندال القريبة، وبعـد عقد من هذا انتقل إلى مانشستر حيث نـادراً ما غادرها في السنوات الخمسين المتبقيّـة مـن حياته. وفي مانشسـتر، صار زوبعـة فكرية، وألف الكتـب والأبحاث عن موضوعات تتسلسل من علم الأرصاد الجوية إلى النحو. إن عمى الألوان -الذي عانى منه- دعي لوقت طويل باسم الدالتونية بسبب دراساته. لكنّ كتاباً مهماً بعنوان: منهج جديد لفلسفة الكيمياء الذي نُشر في 1808 هو الذي صنع شهرته.

في هـذا الكتـاب -وفي فصل قصير مؤلف من خمسـ صفحات فحسب (من كتاب يتألـف من أكـثر من 900 صفحة)- تعرّف رجال العلم لأول مرة على الذرات بطريقة

قريبــة إلى مفهومهم الحديــث. كان استبصار دالتون البسيط هــو أنه في جذر المادة كلهــا ثمة جزيئات مفرطة الصغر غير قابلة للاختزال. «نستطيع إدخال كوكب جديد في المنظومــة الشمسية أو أن ندمر آخر موجــوداً، ولا نستطيع أن ندمر أو نخلق جزيئاً من الهيدروجين» كما قال.

لم تكــن فكــرة الــذرات ولا المصطلــح نفســه جديديــن تمامــاً. فقد طــور كليهما اليونانيــون. وكان إسهــام دالتون هو أن يفكّــر في الأحجام النسبيــة ومواصفات هذه الذرات وكيف تتلاءم سوية. كان يعرف – على سبيل المثال – أن الهيدروجين هو أخفّ عُنصر، بحيث أعطاه الوزن الذري 1. اعتُقد أيضاً أن الماء يتألّف من سبعة أجزاء من الأوكسجين مقابل واحد من الهيدروجين، وهكذا مُنح الأوكسجين الوزن الذري 7. كان قادراً بوسائل كهذه على الوصول إلى الأوزان النسبية للعناصر المعروفة. ولم يكن دائماً مصيباً جداً، إن الوزن الذري للأوكسجين هو في الحقيقة 16، وليس 7 ولكن المبدأ كان صحيحاً ووضع أساساً للكيمياء الحديثة كلها ولكثير من بقية العلم الحديث.

جعل هذا العمل دالتون مشهوراً، بالرغم من أن شهرته كانت شهرة محدودة، على غــرار الصاحبي الإنكليزي. ففي 1826، سافر عــالم الكيمياء الفرنسي ب.ج. بليتييه P.J. Pelletier إلى مانشســتر لمقابلــة البطل الذري. توقّــع (بليتييه) أن يجده متمتّعاً بحدســ مهيــب ما، ولكنه دُهش حين اكتشف أنه يعلّم مبــادئ الحساب الأولى للفتيان في مدرسة صغيرة في شارع خلفي. وبحسب المؤرخ العلمي ي.ج.هولميارد، تلعثم بليتييه المشوش لدى رؤية الرجل العظيم:

هل لي الشرف بمقابلة السيد دالتون؟ إذ بالكاد صدق عينيه أن عالم الكيمياء ذا الشهرة الأوروبية، كان يعلّم فتى مبادئه الأولى الأربعة. «نعم»، قال الصاحبي العملي.

«هل يمكن أن تجلس؛ حتى أوضح هذه الفكرة الحسابية لهذا الفتى؟».

وبالرغم من أن دالتون حاول أن يتجنّب جميع التكريمات، فقد انتُخب في الجمعية الملكيــة ضد رغباته، وتدفقــت عليه الأوسمة ومُنح معاشاً حكوميــاً جيداً. وحين وافته المنيّــة في 1844، نظر أربعون ألف شخص إلى الكفن وامتد موكب الجنازة ميلين. أما

مدخلـه في قاموس السيرة الذاتية القومية فهـو الأطول، ولا يبذه في طوله بين مداخل علماء القرن التاسع عشر سوى المدخلين الخاصين بداروين وليل.

بعـد أن قـدم دالتون اقتراحه، بقي فرضيـاً بشكل كامل طوال قـرن، وشكّك بعض العلمـاء البارزيـن ومنهم عـالم الفيزياء الفيينـي إرنست مـاخ Ernest Mach، الذي سُجّل له اكتشاف سرعة الصوت بوجود الذرات. «لا يمكن إدراك الذرات بالحواس... إنها أمور خاصة بالفكر»، كما كتب. هكذا كان الارتياب الذي نُظر به إلى وجود الذرات في العـالم الناطق بالألمانيـة خاصة، الذي قيل: إنـه أدى دوراً في انتحار عالم الفيزياء النظرية العظيم والمتحمس الذري لودفيغ بولتزمان Ludwig Boltzmann في 1906.

كان آينشتايـن هو الذي قدّم الدليل الأول غـير القابل للدحض عن وجود الذرات في بحثه المتعلق بالحركة البراونية في 1905، ولكن هذا لم يجذب انتباهاً يُذكر، وعلى أي حال كان آينشتاين مستهلكاً من عمله في نظرية النسبية العامة. وهكذا فإن البطل الحقيقـي الأول للعصـر الذري -هذا إن لم يكـن الشخصيـة الأولى في المشهد- هو إرنست رزرفورد.

وُلد رزفورد في 1871 في المباني الخلفية في نيوزلندة لوالدين هاجرا من أسكتلندة؛ كـي يزرعا قليلاً من نبات الكتـان وينجبا كثيراً من الأولاد (بحسب ستيفن واينبرغ). ولأنـه نشـأ في جزء بعيد من بلاد بعيدة، كان بعيداً عن الاتجاه السائد للعلم، ولكن في عـام 1895 حصل على منحـة أخذته إلى مختبر كافندشـ في جامعة كمبردج، الذي صار أكثر الأماكن أهمية في العالم للعمل في الفيزياء.

كان علمـاء الفيزياء يحتقرون بنحو مشهور العلماء في ميادين أخرى. فحين قامت زوجة عالم الفيزياء النمساوي العظيم ولفانغ بولي بتركه من أجل عالم كيمياء، صُعق غـير مصـدّق. وقال متعجباً لصديـق: «لو أنها تزوجت مصارع ثـيران لفهمت الأمر، ولكن كيميائياً...!!».

كان هـذا شعـوراً سيفهمه رزرفورد. فقد قال مرة في سطـر استخدم مرات كثيرة منـذ ذلـك الوقت: «إن العلم هـو إما الفيزيـاء أو جمع الطوابع». وكانـت المفارقة أنه حصل على جائزة نوبل في 1908 في الكيمياء وليس في الفيزياء.

كان رزرفـورد رجلاً محظوظاً وعبقريـاً، وكان أكثر حظاً؛ لأنه عاش في وقت كانت فيـه الفيزيـاء والكيمياء مثيرتـين جداً ومتطابقتـين (هذا ما شعر بـه). ولكنهما لن يتطابقا أبداً بعد الآن.

وبالرغـم مـن كل نجاحـه، لم يكن رزرفـورد شخصـاً متألقاً وكان سيئـاً جداً في الرياضيـات. وغالباً في أثنـاء المحاضرات كان يضيع في معادلاتـه بحيث كان يتوقف في منتصفهـا، ويطلب من التلاميذ أن يحلّوها بأنفسهـم. وبحسب زميله لوقت طويل جيمسـ تشادويك - مكتشف النيوترون - لم يكن ذكيـاً حتى في التجريب. كان عنيداً ومنفتـح الذهن. وبدلاً من التألـق كان لديه المكر ونوع من الجسارة. وكان ذهنه، على حد قول كاتب سيرته الذاتية: «يعمل دوماً على تخطي الحدود قدر استطاعته، وتجاوز في هـذا معظم الرجال الآخرين». فحين تواجهه مشكلة عسيرة، كان يعمل عليها بجد ويخصصـ لها وقتاً أطول مما يخصصه لها الجميع، وكان أكثر انفتاحاً على الشروح غير الأرثوذكسية. وحقق فتحه العلمي الأعظم لأنه كان مستعداً لقضاء ساعات طويلة مملة جداً جالساً إلى شاشة يحصي إيماضات الجسيمات الألفاوية؛ كما كانت تُدعى. وكان هـذا نوعـاً من العمـل يُعهد عادة لشخص آخـر. كان أول مـن رأى أنه إذا تمت السيطرة على القوة الكامنة في الذرة، فإنها ستصنع قنابل قوية بما يكفي «لجعل هذا العالم القديم يتلاشى في الدخان».

كان رزفورد كبيراً ومزدهراً على المستوى الفيزيائي، بصوت جعل الجبناء يجفلون. مـرة حـين قيل لزميـل: إن رزرفـورد كان على وشـك صناعة بث إذاعـي عبر المحيط الأطلسي، سأل بجفاف: «لماذا استخدام المذياع؟» كان لديه أيضاً كمية كبيرة من الثقة الطيبة. حين قال له أحدهم: إنه يبدو دوماً في أعلى الموجة، أجابه: «حسناً -في النهاية- أنا صنعت الموجة، أليس كذلك؟» وتذكر (سي.بي. سنو) كيف أنه في محل للخياطة في كمبردج، سمع رزرفورد يقول: «كل يوم يكبر مقاس خصري وكذلك عقلي».

ولكـن كثيراً مـن المقاس والشهـرة كانا ينتظرانـه في 1895 حـين أمضى وقته في مخـبر كافندشـ*. كانت هذه مـدة زاخرة جـداً بالأحداث بالنسبة للعلـم. ففي عام

* أتى الاسم من آل كافندش الذي انحدر منهم هنري. كان هذا وليم كافندش؛ الدوق السابع لديفونشير، وكان رياضياً موهوباً وبارون فولاذ في إنكلترة الفكتورية. وفي 1870 منح الجامعة 6.300 جنيه إسترليني لبناء مختبر للتجارب.

وصول رزرفورد إلى كمبردج، اكتشف فيلهلم روينتجن أشعة إكس في جامعة وزربورغ في ألمانية؛ في العام اللاحق، اكتشف هنري بكويريل الإشعاعية. وكان مختبر كافندش على وشك الوصول إلى مدة من العظمة. ففي 1897، اكتشف ج.ج.تومسون وزملاؤه الإلكترون هناك، وفي 1911 أنتج هناك (سي.ت.ر. ولسون) فاحص الجزيء الأول (كما سنرى)، وفي 1932 اكتشف جيمس تشادويك النيترون. وفيما بعد، (في 1953)، اكتشف جيمس واطسون وفرانسيس كريك بنية (DNA) في كافندش.

عمل رزرفورد في البداية على موجات المذياع، حقق بعض التميّز حين نجح في بث إشارة موجزة إلى أبعد من ميل، وكان هذا إنجازاً معقولاً جداً في ذلك الوقت، ولكنه تخلى عن ذلك حين أقنعه زميل أن للمذياع مستقبلاً غير ذي أهمية. في المجمل، وعلى أي حال لم يزدهر رزرفورد في كافندش، وبعد ثلاثة أعوام شعر أنه ضيع وقته هناك، فتولى منصباً في جامعة مجيل في مونتريال، حيث بدأ صعوده الطويل والمطرد إلى العظمة. وفي الوقت الذي حصل فيه على جائزة نوبل (من أجل «استقصاءات في تحلل العناصر، وكيمياء المواد المشعة»، كما أورد رسمياً) انتقل إلى جامعة مانشستر، وهناك - في الحقيقة - قام بعمله الأكثر أهمية وهو تحديد بنية الذرة وطبيعتها.

كان من المعروف في أوائل القرن العشرين أن الذرات مصنوعة من أجزاء كما بيّن اكتشاف طومسون للإلكترون، ولكن لم يكن معروفاً كم عدد الأجزاء أو كيف تلاءمت معاً أو الشكل الذي اتخذته. اعتقد بعض علماء الفيزياء أن الذرات يمكن أن تكون مكعبة الشكل؛ لأن المكعبات تُجمع سوية بأناقة دون أن تضيّع أي فراغ. أما الصورة الأكثر عمومية -على أي حال- فهي أن الذرة كانت تشبه أكثر كعكة المشمش أو فطيرة الخوخ: شيء كثيف وصلب يحمل شحنة موجبة ولكنه مزوّد بإلكترونات ذات شحنات سلبية، على غرار المشمش في الكعكة.

وفي 1910 (وبمساعدة من طالبه هانز جيجر، الذي سيخترع فيما بعد راصد الإشعاع الذي حمل اسمه) قام رزرفورد بإطلاق ذرات الهليوم المؤيّنة، أو جزيئات ألفا، على رقاقةٍ من رقاقات الذهب*. بما فاجأ رزرفورد، هو أن الجزيئات ارتدت إلى

* صار جيجر فيما بعد نازياً مخلصاً، وخان دون تردد زملاءه اليهود، وبينهم كثيرون من الذين ساعدوه.

الخلـف. كان الأمـر كما قال كما لو أنه أطلق قذيفة طولهـا 15 إنشاً على لوح فارتدت عائـدة إلى حضنـه. كان من غير المفترض أن يحدث هذا. وبعد تأمل معتبر أدرك أنه لا يمكـن أن يكـون هناك إلا شرح واحد ممكن: إن الجزيئـات التي ارتدت إلى الخلف كانـت تضرب شيئاً ما صغيراً وكثيفاً في قلب الـذرة، بينما الجزيئات الأخرى أبحرت دون عائـق. كانت الذرة -كما أدرك رزرفورد- فضـاء فارغاً تقريباً، بنواة كثيفة جداً في مركزهـا. كان هذا اكتشافاً مجزياً جداً، ولكنـه طرح مشكلة فورية. بحسب جميع قوانين الفيزياء التقليدية، يجب من ثمّ ألا توجد الذرات.

دعونا نتوقّف للحظة ونفكّر ببنية الذرّة كما نعرفها الآن. إن كل ذرة هي مصنوعة مـن ثلاثة أنواع من الجزيئات الأولية: البروتونـات، التي تحتوي على شحنة كهربائية موجبـة؛ والإلكترونات، التي تملك شحنة كهربائية سالبة؛ والنيوترونات التي لا تملك أي شحنـة. إن البروتونـات والنيوترونات موجودة في النواة، بينمـا الإلكترونات تدور حولهـا في الخارج. إن عدد البروتونات هو الذي يمنح الـذرة هويتها الكيماوية. فذرة ببروتون واحد هي ذرة هيدروجين، التي باثنين هي ذرة هليوم، والتي بثلاثة بروتونات هـي ذرة لثيـوم، وإلى ما هنالـك على المقياسـ. وفي كل مرة تضيـف بروتوناً تحصل علـى عنصر. (لأن عـدد البروتونات في ذرة يتوازن دوماً بعدد مساوٍ من الإلكترونات، سـترون أحياناً أنه مكتـوب أن عدد الإلكترونات هو الذي يحـدد عنصراً؛ وهذا يعني الشـيء نفسـه. إن الطريقة التـي شُرح بها الأمـر لي هو أن البروتونـات تمنح الذرة هويّتها، أما الإلكترونات فتمنحها شخصيتها).

لا تؤثر النيوترونات على هوية الذرة، ولكنها تضيف إلى كتلتها. فعدد النيوترونات هـو عادة مساوٍ لعـدد البروتونات، ولكنه يمكن أن يتنوع زيـادة أو نقصاً بنحو ضئيل. أضيفـوا أو أنقصـوا نيوترونـاً أو اثنين وتحصلـون على نظـير. إن المصطلحات التي تسمعـون بها تشير إلى تقنيات التأريخ في الأركيولوجيـا تشير إلى النظائر كربون 14 علـى سبيل المثال، التي هي ذرة من الكربـون بستة بروتونات وثماني نيوترونات (و14 هو حاصل جمع الاثنين).

تحتل النيوترونات والبروتونات نواة الذرة. ونواة الذرة صغيرة جداً لا تشكل إلا جزءاً من مليون من بليون من الحجم الكلي لذرة، ولكنها كثيفة بنحو يفوق التصور، بما أنها تحتوي في الواقع على كتلة الذرة كلها. وكما عبّر كروبر عن الأمر، إذا ما تم توسيع الذرة إلى حجم كاتدرائية، فإن النواة لن تكون إلا بحجم ذبابة ولكنها ذبابة أثقل بآلاف المرات من الكاتدرائية. كان هذا الاتساع هذا الفراغ الباهر غير المتوقع هو الذي جعل رزرفورد يحك رأسه في 1910.

لا يزال من المذهل أن نفكّر في أن الذرات فضاء فارغ تقريباً، وفي أن الصلابة التي نجرّبها في كل مكان حولنا وهم. فحين يجتمع شيئان في العالم الواقعي غالباً ما تُستخدم كرات البلياردو بوصفها مثالاً للتوضيح، فإنهما في الحقيقة لا يصطدمان. بل كما يشرح تيموثي فيريس: «إن الحقول المشحونة سلبياً للكرتين تدفع بعضها... ولولا شحناتها الكهربائية فإنها تستطيع -على غرار المجرّات- أن تمر عبر بعضها دون أن تصاب بأذى». وحين تجلس على كرسي، فأنت في الحقيقة لا تجلس عليه، وإنما ترتفع فوقه بارتفاع أنغستروم (جزء من مئة مليون جزء من السنتيمتر)، فإلكتروناتك وإلكتروناته معارضة بشكل عنيد لأي علاقة حميمية.

إن الصورة التي يتخيّلها الجميع عن الذرة هي إلكترون أو اثنان يطيران حول نواة، كالكواكب التي تدور حول الشمس. ابتكرت الصورة في 1904، وكانت مستندة إلى أكثر من تخمين قام به عالم فيزياء ياباني يُدعى هانتارو ناجوكا. إنها صورة مغلوطة، ولكنها استمرت طويلاً. وكما أحب إسحاق أسيموف أن ينبه: «لقد ألهمت أجيالاً من كتاب قصص الخيال العلمي لإبداع قصص عن عوالم داخل عوالم، تصبح فيها الذرات منظومات شمسية صغيرة مسكونة أو يتبين أن منظوماتنا الشمسية ذرة في خطط أكثر ضخامة». وتستخدم الهيئة الأوروبية للأبحاث النووية حتى الآن صورة ناجوكا شعاراً على موقعها على الإنترنت. وفي الحقيقة -وكما أدرك علماء الفيزياء حالاً- إن الإلكترونات ليست كالكواكب الدائرة مطلقاً، ولكنها تشبه أكثر شفرات المراوح الدائرة، وتملأ كل جزء من الفراغ في مداراتها بنحو متزامن (ولكن بفرق حاسم هو أن شفرات المراوح قد تبدو كأنها في كل مكان في الوقت نفسه؛ أما الإلكترونات فلا).

مـن المفيـد القول: إن كثـيراً من هذا فُهـم في 1910 أو في كثير مـن السنوات التي أعقبـت ذلك. لقد طـرح اكتشاف رزرفورد مشـكلات فورية ضخمـة، ومنها أنه يجب ألا يكـون أي إلكـترون قادراً على الـدوران حول نواة دون أن يتحطـم. فبحسب نظرية الديناميـكا الحرارية التقليدية إن إلكتروناً طائراً يجب أن تنتهي طاقته بسرعة كبيرة في لحظـة، أو مـا يقارب ذلك ويتجه لولبياً إلى النواة مسبباً نتائج كارثية للاثنين. كان هناك أيضـاً مشكلةٌ هي كيف تستطيع البروتونات، بشحناتها الموجبة، أن تجتمع سوية داخل النواة دون أن تفجّر نفسها وبقية الذرة. ومن الواضح أن ما يحدث في عالم ما هو متناهي الصغر ليس محكوماً بالقوانين، التي تُطبق في عالم ما هو كبير كما نتوقع.

وعندمـا بدأ علماء الفيزياء يغوصون في هذا الحقل الـدُوذريّ، أدركوا أنه لم يكن مختلفاً عن أي شيء نعرفه فحسب، بل مختلف عن أي شيء سبق وتم تصوره. وقد قال رتشـارد فينمان مرة: «لأن السلوك الذري مختلف عـن التجربة العادية، من الصعب جداً أن نعتاد عليه ويبدو فريداً وغامضاً للجميع؛ لعالم الفيزياء المبتدئ وللمجرّب في آن واحد». حين قام فينمان بهذا التعليق، كان علماء الفيزياء قد استغرقوا نصف قرن للتكيّـف مع غرابة السلوك الـذري. وهكذا فكّروا كيف كان شعور رزرفورد وزملائه في العقد الأول من القرن العشرين حين كان كل هذا جديداً تماماً.

كان أحـد الأشخاص الذين يعملون مع رزرفورد شاباً رقيقـاً ودمثاً من الدانمرك يُدعـى نيلـز بوهـر Niels Bohr. في 1913، وفيمـا كان يفكر في بنيـة الذرة، خطرت لبوهر فكرة مثيرة بحيث أجّل شهر عسله؛ كي يكتب ما صار بحثاً وعدَّ نقطة تحوّل.

ولأن علماء الفيزياء لم يستطيعوا رؤية أي شيء بصغر الذرة، اضطروا إلى محاولة استنتـاج بنيتهـا مـن سلوكها حين يفعلـون أشياء بهـا، كما فعل رزرفـورد حين أطلق جزيئات ألفا على لوح معدني. أحياناً –وبنحو غير مفاجئ– كانت نتائج هذه التجارب محـيّرة. وكان أحد الألغاز الذي خيم لوقت طويل يتعلـق بالقراءات الطيفية للأطوال الموجية للهيدروجين. وقد أنتجت هذه نماذج تُظهر أن ذرات الهيدروجين انبعثت منها طاقـة في أطوال موجية معيّنة، ولكن ليس في أخرى. بـدا الأمر وكأن شخصاً خاضعاً

للمراقبــة واصــل الظهور في أمكنة معيّنة ولكنه لم يُر أبداً يتنقل بينها. لم يستطع أحد أن يفهم لماذا يحدث هذا.

وفي أثنــاء التفكير المحيّر بهــذه المشكلة صُعق بوهر حين وصل إلى حل، وأنتج بحثه المشهور الذي دعي «في بنى الذرات والجزيئات»، الذي شرح «كيف تحمي الإلكترونات نفسها من السقوط في النواة» مقترحاً أنها تحتل مدارات محددة جيداً فحسب. وبحسب النظرية الجديدة، إن إلكتروناً يتحرّك بين المدارات سيختفي من واحد ويظهر في آخر على الفور دون أن يزور الفراغ الذي بينهما. إن هذه الفكرة الوثبة الكمية الشهيرة هي بالطبــع غريبة جداً، ولو أنها لم تكن صحيحة لكان هــذا أفضل. لم تمنع الإلكترونات من السقوط اللولبي بنحو كارثي في النواة فحسب، وإنما شرحت أيضاً الأطوال الموجية المحــيّرة للهيدروجين. لقد ظهرت الإلكترونات في مدارات معيّنة فحسب؛ لأنها وُجدت فقــط في مدارات معيّنة. كان هــذا اكتشافاً صاعقاً أدى إلى منح بوهر جائزة نوبل في الفيزياء في 1922، بعد عام من حصول آينشتاين على الجائزة.

في غضــون ذلــك، ابتكر رزرفورد الــذي لا يكلّ، الذي عــاد الآن إلى كمبريدج؛ كي يخلــف ج.ج.طومســون؛ ليكون رئيساً لمخــبر كافندش، نموذجاً يشــرح لماذا لا تنفجر النــواة. فقــد رأى أن الشحنة الإيجابية للبروتونات يجب أن تكون فرعاً من نمط معين مــن الجزيئات المعطِّلــة، التي دعاهــا بالنيوترونات. كانــت الفكرة بسيطــة ومغرية، ولكــن لم يكن من السهل إثباتهــا. وخصّص معاون رزرفورد -جيمس تشادويك- أحد عشــر عامــاً من العمل المكثّف في البحــث عن النيوترونــات إلى أن نجح في النهاية في عــام 1932. مُنــح هو أيضاً جائزة نوبل في الفيزياء في عــام 1935. وكما يشير بورس وزمــلاؤه في كتابهم الذي يــؤرخ للموضوع، كان التأخر في الاكتشــاف شيئاً جيداً جداً علــى الأرجح، بمــا أن التحكم بالنيوتــرون كان جوهرياً لتطوير القنبلــة الذرية. (لأن النيوترونــات لا تمتلــك شحنة، فإن الحقول الكهربائية التــي في قلب الذرة لا تصدّها وهكــذا يمكــن أن تُطلق كطوربيدات صغيرة إلى نواة ذريــة، مطلقة العملية التدميرية المعروفــة باسم الانشطار). وقالوا: إنه لــو تم عزل النيوترون في العشرينيات، «لكانت القنبلة الذرية قد طُوّرت أولاً في أوروبة، على يد الألمان دون شك».

وكمـا حدث، حاول الأوروبيـون جاهدين فهم السلوك الغريـب للإلكترون. وكانت المشكلـة الرئيسـة التي واجهوها هـي: إن الإلكترون كان يتصـرف أحياناً مثل جزيء وأحيانـاً مثل موجة. دفعـت هذه الثنائية المنافيـة للعقل علماء الفيزيـاء إلى الجنون تقريبـاً. وفي العقـد اللاحق، وفي أنحـاء أوروبة كلها، فكّروا بجنـون، وكتبوا، وقدموا فرضيـات متنافسـة. ففي فرنسـة، اكتشف الأمـير لويس فكتـور دي بروغلي Louis Victor de Broglie –سليـل أسـرة مـن الدوقـات– أن بعض الشـذوذات في سلوك الإلكترونات تختفي حين ينظر إليها المرء بوصفها موجات. أثارت هذه الملاحظة انتباه النمسـاوي إرفن شرودنغـر Erwin Schrodinger، الذي قام ببعض عمليات الصقل الرائعة وابتكر منهجاً ملائماً يُدعى الميكانيكا الموجيّة. وفي الوقت نفسه تقريباً، ابتكر عـالم الفيزياء الألماني فيرنر هايزنبرغ Werner Heisenberg نظرية منافسة تدعى matrix mechanics. كانـت معقـدة منهجيـاً، بحيث لم يستطع فهمهـا أي شخص، حتـى هايزنبرغ نفسه (لا أعرف حتى ما هـي matrix)، هذا ما قاله هايزنبرغ يائساً لصديق)، ولكن بدا كأنها تحلّ مشكلات معيّنة فشلت في شرحها موجات شرودنغر.

كانـت النتيجـة أن الفيزيـاء اشتملـت علـى نظريتـين، تستنـدان إلى فرضيتـين متصارعتين، أنتجتا النتيجة نفسها. كان موقفاً محيّراً.

وأخـيراً في عـام 1922، وصل هايزنـبرغ إلى التسوية المحتفى بهـا، منتجاً نظاماً جديـداً عُرف باسم ميكانيـكا الكم. في قلبها كان هناك مبـدأ هايزنبرغ الذي يُدعى مبـدأ اللايقـين، الذي يقـر أن الإلكترون جـزيء ولكنه جزيء يمكـن أن يوصف من زاويـة الموجات. إن اللايقين الـذي بُنيت حوله النظرية هو أننـا نستطيع معرفة الممر الـذي يسلكه إلكترون وهو يتحرك عبر فضـاء، أو نستطيع أن نعرف أين هو في لحظة مفترضـة، ولكننـا لا نستطيـع معرفة كليهمـا*. إن أي محاولة لقياس واحد ستزعج الآخـر بشـكل لا يمكن تجنّبـه. ليست هذه مسألـة الحاجة إلى أدوات أكـثر دقة؛ إنها صفة ثابتة للكون.

* هناك قليل من عدم اليقين حيال استخدام كلمة الشك بخصوص مبدأ هايزنبرغ. فقد قال مايكل فرايان –في مقدمة لاحقة لمسرحيته كوبنهاجن–: إن عدة كلمات في الألمانية استُخدمت من قبل المترجمين، ولكنهم لم يعثروا على كلمة تعادل كلمة عدم اليقين. ويقترح فرايان أن اللاتحديدية ستكون كلمة أفضل للمبدأ. أما هايزنبرغ، فقد استخدم كلمة عدم اليقين.

مـا يعنيـه هذا عملياً هو أنك لا تستطيع أن تتنبـأ أبداً أين سيكون الإلكترون في أي لحظة مفترضة. تستطيع أن تسجّل احتمال كونه هناك فحسب. بمعنى ما -وكما عبرّ دينس أوفرباي عن الأمر- إن الإلكترون لا يوجد إلى أن يُرصد. أو إذا عبرّنا عن الأمر بنحـو مختلـف قليـلاً، إن الإلكترون يجب أن يُعـدّ على أنه «في كل مـكان وليس في أي مكان» إلى أن يُرصد.

إذا بـدا هـذا مشوّشـاً، يمكـن أن تريحكم قليـلاً معرفة أنـه كان مشوّشـاً لعلماء الفيزيـاء، أيضـاً. وقال أوفرباي: «قـال بوهر مرة: إن الشخص الـذي لا يغضب لدى سماعـه للمرة الأولى بنظريـة الكم فهو لم يفهم ما قيل». وحـين سُئل هايزنبرغ كيف يمكن أن يتصور المرء ذرة، أجاب: «لا تحاول».

وهكـذا تبـيّن أن الذرة مختلفة عن الصورة التي كانت سائـدة لدى معظم البشر. فالإلكترون لا يحلّق حول النواة كما يدور كوكب حول الشمس، ولكن بدلاً من ذلك يأخذ الشـكل غير المحـدد لغيمة. إن «صدفة» الذرة ليست علبة صلبـة مشعة -كما تشجّعنا الرسـوم أحياناً علـى الافتراض- وإنما الجزء الأقصى من هـذه السحب الإلكترونية غـير الواضحة. إن الغيمة نفسها هي جوهرياً منطقة من الاحتمالية الإحصائية فكما حسـب، تحـدّد المنطقة التي وراءها يضـل الإلكترون في أحيان نادرة جـداً. هكذا، إن الـذرة -إذا استطعتـم رؤيتهـا- تبدو ككرة تنـس غامضة جداً أكثر ممـا تبدو ككرة معدنيـة حادّة الحواف (ولكنهـا لا تشبه أيّاً منهما كثـيراً، أو -في الواقع- لا تشبه أي شـيء سبق ورأيتموه؛ فنحـن -في النهاية- نتعامل هنا مع عالم مختلف جداً عن الذي نراه حولنا).

يبـدو كأنه لا يوجد نهاية للغرابة. للمرة الأولى -كما عبر جيمس تريفيل عن الأمر- واجه العلماء «منطقة في الكون ليست أدمغتنا مجهزة لفهمها». أو، كما عبرّ فينمان: «إن الأشياء على ميزان صغير تتصرف بشكل مختلف عن الأشياء على ميزان كبير». وكلما غاص علماء الفيزياء إلى أعمق، أدركوا أنهم يكتشفون عالماً لا تستطيع فيه الإلكترونات أن تقفز من مدار إلى آخر دون أن تسافر عبر أي فضاء فاصل فحسب، بل حيث تستطيع المـادة أيضاً أن تقفز إلى الوجود من العدم تماماً، «مفترضين» -بكلمات آلن لايتمان في معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا- «أنها تختفي تماماً بسرعة كافية».

ربما ما هو أكثر سحراً في اللا احتماليات الكوانتية هو الفكرة، التي نشأت من مبدأ العـزل الذي وضعه ولفانغ بولي في 1925، الذي يقول: إن أزواجاً معيّنة من الجزيئات الذُوذريـة، حتـى حين تُفصل بالمسافات الأكثر اعتبـاراً، يستطيع كل منها أن «يعرف» على الفور ما الذي يفعله الآخر. تمتلك الجزيئات صفة تُعرف باسم الدوران، وبحسب النظريـة الكمية، في اللحظـة التي تحدد فيها دوران جزيء، فـإن شقيقه -مهما كان بعيداً- سيبدأ على الفور بالدوران في الجهة المعاكسة وبالسرعة نفسها.

يبـدو الأمر، كما عـبّر الكاتب العلمي لورنـس جوزف - «كأنه لديـك كرتا بليارد، واحدة في أوهايو والأخرى في فيجي، وأنه في اللحظة التي تضرب فيها واحدة وتجعلها تدور فإن الأخرى ستدور على الفور في اتجاه معاكس بالسرعة نفسها تماماً». وعلى نحو لافـت للنظر، بُرهنت الظاهرة في 1997 حـين أرسل علماء الفيزياء في جامعة جنيف الفوتونـات سبعـة أميـال في جهة معاكسة، وبيّنـوا أن التدخل في واحـد أثار استجابة فورية في آخر.

وصلـت الأمـور إلى درجة أنّه في أحد المؤتمرات قال بوهـر عن النظرية الجديدة: إن المسألـة ليسـت إن كانـت جنونيـة، وإنمـا إن كانت مجنونـة بما يكفـي. ولإيضاح الطبيعـة غير الحدسية للعالم الكوانتي، قـام شرودنغر بتجربة نظرية مشهورة توضع بمقتضاها قطة افتراضية في علبة، مع ذرة واحدة من مادة إشعاعية مربوطة بقارورة مـن حمض الهايدروسيانيـك. إذا انحلّت الذرة في غضون ساعـة، فإنها ستطلق آلية ستكسـر القارورة وتسمـم القطة. إذا لم تنحـلّ، فستعيش القطـة. ولكننا لا نستطيع أن نعـرف أي حالة ستسود، وهكذا لم يكن هنـاك خيار، (علمياً) سوى أن نعدّ القطة 100% حيـة و100% ميتة في الوقت نفسه. هذا يعني، كما قال ستيفن هوكينغ بلمسة مـن الإثارة القابلة للفهـم: «إن المرء لا يستطيع التنبؤ بالحـوادث المستقبلية بدقة إذا كان لا يستطيع قياس الحالة الحاضرة للكون بدقة!».

وبسبـب شذوذاتها كـره كثير من العلمـاء النظرية الكمية، أو علـى الأقل مظاهر معيّنـة منها، ولم يكرهوها أكثر من آينشتاين. وكان هـذا غريباً بما أنه كان هو الذي -في سنتـه العجيبة، 1905- شرح بنحو مقنع كيف يمكن أن تتصرف فوتونات الضوء

أحيانـاً كالموجات. وهذه الفكرة هي في قلب الفيزيـاء الجديدة. وقال بلباقة، بالرغم مـن أنه لم يكن يحبها في الواقع: «إن النظرية الكمية جديرة جداً بالاعتبار،إن اللّه لم يكن يلعب النرد»*.

لم يستطـع آينشتايـن أن يتحمل فكـرة أن اللّه يستطيع أن يخلـق كوناً يحتوي على أشيـاء تظل غير قابلـة للمعرفة إلى الأبـد. فضلاً عن ذلك، إن فكـرة الفعل عن بعد وأن ذرة واحـدة تستطيـع على الفـور أن تؤثر علـى بعد تريليونات مـن الأميال، كانت انتهـاكاً فاضحاً لنظريـة النسبية. لا شيء يستطيع أن يسبـق سرعة الضوء ومع ذلك هناك علماء فيزياء يصرّون أنه -نوعاً ما، على المستوى الذُري- تستطيع المعلومات أن تفعـل ذلك. (وبالمصادفـة لم يسبق أن شرح أحد كيـف تستطيع الذرات أن تحقق هـذا الإنجاز الكبير. لقد تعامـل العلماء مع هذه المشكلة، بحسب عالم الفيزياء ياكير أهارانوف، «عبر عدم التفكير فيها»).

فضـلاً عـن ذلك، كانت هنـاك مشكلـة أن الفيزيـاء الكوانتية أدخلـت مستوى من الفوضـى لم يوجد أبداً من قبل. فجأة صرت بحاجة إلى مجموعتين من القوانين لشرح سلـوك الكون: النظرية الكمية لعالم ما هو صغير جداً والنسبية للكون الماورائي الأكبر. كانـت جاذبية نظرية النسبية متألقة في شرح لماذا تدور الكواكب حول الشمس، أو لماذا تميـل المجـرات إلى التجمع، ولكن تبـيّن أنه ليس لها تأثير مطلقاً علـى المستوى الذري. ولشـرح مـا جمع الذرات سويـة، كانت هنـاك حاجـة إلى قوى أخـرى، وفي الثلاثينيات اكتشفـت اثنتان: القوة النووية القويـة والقوة النووية الضعيفـة. إن القوة القوية تجمع الذرات معاً؛ إنها ما يسمح للبروتونات بأن تأوي معاً في النواة. وتنخرط القوة الضعيفة في مهمات أكثر تنوعاً، تتعلق تقريباً بالتحكم بنسب أنواع معينة من التآكل الإشعاعي.

إن القـوة النووية الضعيفـة -بالرغم من اسمها- أقوى بعشـرة بليون بليون بليون مـرة من الجاذبية، والقوة النووية القوية أقوى بكثـير أيضاً بنحو شاسع، في الحقيقة

* أو على الأقل، هكذا دوماً شرحت تقريباً. وكان الاقتباس الفعلي: «يبدو من الصعب اختلاس نظرة إلى أوراق اللّه. ولكن أنه يلعب النرد ويستخدم طرقاً في «التخاطر عن بعد»... لهو أمر لا أستطيع الإيمان به للحظة واحدة».

ولكـن تأثيرهما يمتد فقط إلى أصغر المسافات. وتصـل قبضة القوة القوية فقط إلى نحو مئة ألف من قطر ذرة. لهذا السبب إن نواة الذرات مضغوطة وكثيفة، ولهذا تميل العناصـر التي تملك نـواة كبيرة مكتظة إلى عدم الاستقرار: ذلـك أن القوة القوية لا تستطيع التمسك بكل البروتونات.

إن نتيجة كل هذا هو أن الفيزياء انتهت إلى مجموعتين من القوانين: واحدة لعالم ما هو صغير جداً، وأخرى للعالم عامةً، وهما تعيشان حياتين منفصلتين. كرهَ آينشتاين هذا، أيضاً. وكرّس ما تبقى من حياته للبحث عن طريقة لربط هذه الأطراف السائبة عـن طريق العثور على نظرية جامعة شاملة، لكنه فشـل دوماً. وبين وقت وآخر اعتقد أنه وصل إليها، ولكنها دوماً كانت تخفق في النهاية. ومع مرور الوقت صار مهمّشاً على نحو متزايد ومثيراً للشفقة قليلاً. وتقريباً دون استثناء، كما قال سنو: «اعتقد زملاؤه -وما يزالون- أنه ضيّع النصف الثاني من حياته».

في مـكان آخر، تم تحقيـق تقدّم حقيقي. ففي منتصـف الأربعينيات وصل العلماء إلى نقطة فهموا فيها الذرة على مستوى عميق جداً، كما أوضحوا جميعاً بنحو مؤثر في آب 1945 عبر تفجير قنبلتين نوويتين في اليابان.

عنـد هذه النقطة يمكن أن يُعذر علماء الفيزياء؛ لاعتقادهم بأنهم قد غزوا الذرة لتوهـم. وفي الحقيقة، كان كل شيء في فيزياء الذرة على وشك أن يصبح أكثر تعقيداً بكثير. ولكن قبل أن نشرح تلك المسألة المرهقة قليلاً، يجب أن نوسّع قصتنا قليلاً؛ كي تشمل حكايـة مهمة ومفيدة عن الجشع، والخداع، والعلـم الرديء، وميتات عديدة لا حاجة لها والتحديد النهائي لعمر الأرض.

الفصل العاشر

التخلص من الرصاص

في أواخـر الأربعينيـات، كان طالب متخرج من جامعة شيكاغـو يُدعى كلير باترسون الذي كان -على الرغم من من الاسم الأول- فتى مزرعة في آيوا يستخدم منهجاً جديداً، وهو قياس نظـير الرصاص للحصول على عمر محدد للأرض. لسوء الحظ، كانت جميع عيّناتـه الصخرية ملوّثة جداً. كان معظمها يحتوي علـى كمية من الرصاص أكبر بـ 200 مرة من مستويات الرصاص المتوقعة عادة. ستمر أعوام كثيرة قبل أن يدرك باترسون أن سبب هذا هو مخترع من أوهايو مثير للأسى يدعى توماس ميدجلي، الابن.

كان ميدجلـي مهندساً مدرّباً وما من شـك أن العالم كان سيظلّ أكثر أماناً لو بقي هكذا. بـدلاً من ذلك، طوّر اهتمامـاً في التطبيقات الصناعيـة للكيمياء. وفي 1921، وبينمـا كان يعمل لدى شركات جـنرال موتورز للأبحاث في دايتون بأوهايو، استقصى مركّبـاً يُدعـى رباعـيّ أثيل الرصاص (الـذي يُدعى أيضـاً بنحو مشوش ليـد أثيل)، واكتشف أنه خفّض بنحو كبير الوضع الاهتزازي الذي يعرف بخبط الآلة.

وبالرغـم مـن أنه مـن المعروف على نحـو واسع بـأن الرصاص سـام، إلا أنه كان موجـوداً في كل المنتجـات الاستهلاكية في الأعـوام الأولى للقـرن العشرين. فقد جاء الطعـام في علـب مختومة بلِحـام رصاصي. وكان المـاء يُخزن في الغالـب في حاويات مخططة بالرصاص. وكان زرنيخ الرصاص يرش على الفواكه على أنه مبيدات. وكان الرصاص أيضاً جزءاً من مركّب معجون الأسنان. نادراً ما كان هناك منتج لم يُدخل قليلٌ من الرصاص إلى حياة المستهلكين. على أي حال، لا شيء منحه حميمية أكبر أو أكثر استمراراً من إضافته إلى وقود المحرك.

إن الرصاص هو السُمِّـين العصبي*. إذا استنشقت كمية كبـيرة منه فإنه يُعطب الدمـاغ والجهاز العصبي المركزي. ومن بـين الأعراض الكثيرة الناجمة عن التعرض

* مادة بروتينية سامة توهن نشاط الجهاز العصبي. المترجم.

المفـرط له فقدان البصر والطرش والسرطـان والشلل الارتجافي والتشنجات. و ينتج في شكله الأكثر مكراً هلوسات متقطعة ومروعة، ومزعجة للضحايا وللمشاهدين على حـد سواء، تؤدي في النهاية إلى الكوما والوفاة. وفي الحقيقة لستم بحاجة إلى إدخال كثير من الرصاص في جهازكم.

مـن ناحية أخـرى، من السهل استخـراج الرصاص والعمل عليـه، وهو مربح على مستـوى الإنتاج الصناعـي. فقد أوقف رباعي أثيل الرصاصـ المحركات عن الخبط. وهكـذا في 1923 قامت ثلاث من أكبر شـركات أمريكة وهي جنرال موتورز ودو بونت وستراند أويل من نيوجرسي بإطلاق مشروع مشترك دُعي شركة غاز الأثيل (اختصر فيمـا بعـد إلى شركة الأثيل) من أجل صناعة ما يريد العـالم شراءه من رباعي أثيل؛ الرصاصـ، وبرهن أن هذا كمية كبيرة. دَعتْ الشـركات مادتها المضافة باسم الأثيل لأنه بدا أكثر وداً وأقل سمية من «الرصاص» وأدخلتها إلى الاستهلاك العام (بطرق لا يعرفها معظم الناس) في 1 شباط 1923.

حـين بدأ العمـال الذين ينتجون المادة يترنحون في سيرهـم وتبدو عليهم علامات الاضطـراب التي تشير إلى التسمـم، اتبعت شركة الأثيل سياسـة من الإنكار الهادئ وغير المستسلم خدمتها جيداً لعقود. وكما تقول شارون بيرتش مجرين في كتابها الذي يـؤرخ بشكل جيد للكيمياء الصناعيـة، البرومثيوسيون في المخابر، حين بدت علامات الاضطـراب على العمال في المصنع، أخـبر ناطق الصحفيين بلطف: «ربما فقد هؤلاء الرجال عقولهم؛ لأنهم عملوا بكدّ كبير». تُوفيّ على الأقل خمسة عشر عاملاً في الأيام الأولى من إنتاج البنزين المرصّص، وصارت أعداد غير معلنة من العمال مريضة؛ لأن الشركة استطاعت أن تمنع في معظم الأحيان تسرّب الأنباء المربكة عن حالات الوفاة والتسمـم. وكان منـع نشر الأنباء مستحيلاً أحياناً كمـا حدث في 1924 –ففي غضون أيـام– توفي خمسة من عمال الإنتاج وفقد ثلاثون آخـرون عقولهم، وعُزلوا في مشفى ذي تهوية سيئة.

حـين انتشرت الشائعـات عن أخطار المُنتَـج الجديد، قرر مخـترع الأثيل الشديد الحماسـة، توماس ميدجلي أن يقدم شرحاً للصحفيين؛ كي يخفف من قلقهم. وبينما

كان يتحدث عن التزام الشركة بالأمان، سكب رباعي أثيل الرصاص على يديه، ثم قرّب إناء منه إلى أنفه لمدة ستين ثانية، زاعماً طول الوقت أنه يستطيع أن يكرر هذا يومياً دون أذى. والواقع أن ميدجلى كان يعرف جيداً مخاطر الرصاص السميّة: فقد أصيب بمرض خطر ناجم عن التعرض له قبل بضعة أشهر، ومنذ ذلك الوقت لم يقترب أبداً من المادة إلا كي يتحدث عنها للصحفيين في هذه المناسبة.

متحمساً من نجاح البنزين المرصّص، التفت ميدجلي الآن إلى مشكلة تكنولوجية أخرى خاصة بالعصر. كانت البرادات في العشرينيات خطرة بشكل مرعب؛ لأنها كانت تستخدم غازات غادرة وقاتلة كانت تتسرّب منها أحياناً. فقد حدث تسرّب من برّاد في مستشفى بأوهايو، عام 1929، أدى إلى مقتل أكثر من مئة شخص. فانطلق ميدجلي كي ينشئ غازاً مستقراً، وغير قابل للاشتعال، وغير مزعج ومن الآمن استنشاقه. كان يمتلك ميلاً إلى الأمور المؤذية، واخترع كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons أو CFCs. ولسوء الحظ نادراً ما كان هناك منتج صناعي تم تبنيه بهذه السرعة. ودخل هذا الكربون الإنتاج في بداية الثلاثينيات، وعثر على ألف استخدام في كل شيء من مكيّفات السيارات إلى مزيلات التعرق قبل أن يتم الانتباه إليه، بعد نصف قرن - بأنه كان يقضي على الأوزون في الستراتوسفير. وكما سترى، لم يكن هذا شيئاً جيداً.

إن الأوزون هو نوع من الأوكسجين يحمل فيه كل جزيء ثلاث ذرات من الأوكسجين بدلاً من الاثنتين العاديتين. إنه يشكل غرابة كيماوية في أنه على مستوى الأرض يعدّ ملوِّثاً، بينما في الأعلى -في الستراتوسفير- يعدّ مفيداً بما أنه يمتص الأشعة ما وراء البنفسجية الخطرة. ولكن الأوزون المفيد ليس وافراً. فإذا ما تم إزعاجه بشكل مستمر في الستراتوسفير، فإنه سيشكل طبقة بسماكة 2 ميليمتر أو ما يقارب ذلك. لهذا السبب يتم إزعاجه بسهولة.

إن كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons غير متوافر بكثرة، وهو لا يشكل إلا جزءاً واحداً من كل بليون من الغلاف الجوي ككل، ولكنه مدمر بشكل كبير. إن كيلوغراماً منه يمكن أن يقضي على سبعين ألف كيلوغرام من أوزون الغلاف الجوي. ويبقى وقتاً طويلاً نحو قرن مخرِّباً. إنه إسفنجات حرارية كبيرة. إن جزيئاً واحداً منه

أكثر فاعلية بعشرة آلاف مرة من جزيء من ثاني أكسيد الكربون في مفاقمة أثر المخضرة الدفينة*. أما ثاني أكسيد الكربون فليس كسولاً بوصفه غاز مخضرة. باختصار إن كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons أسوأ اختراع في القرن العشرين.

لم يعرف ميدجلي هذا أبداً؛ لأنه توفي قبل وقت طويل من إدراك أي شخص كم هذا الكربون مدمّر. وكان موته حادثة غير عادية لا تُنسى. بعد أن أصيب بالشلل (البوليو)، اخترع ميدجلي أداة غريبة تشتمل على سلسلة من البكرات ذات المحركات التي تجعله ينهض أو يتقلب آلياً في الفراش. وفي 1944 علق في الحبال حين تم تشغيل الآلة وخُنق.

* * *

إذا كنتم مهتمين بمعرفة أعمار الأشياء، فإن جامعة شيكاغو كانت المكان الأمثل لذلك في الأربعينيات. كان ويلارد ليبي يبتكر تقنية التأريخ بالكربون**، التي ساعدت العلماء على القيام بقراءة صحيحة لعمر العظام وبقايا عضوية أخرى، وكان هذا شيئاً لم يكونوا قادرين على فعله من قبل. وحتى هذا الوقت،كانت التواريخ الموثوقة لا تعود إلى الوراء إلى أكثر من السلالة الأولى في مصر نحو 3000 قبل الميلاد. لم يستطع أحد أن يقول بثقة، (مثلاً) متى تراجعت أكسية الجليد أو في أي وقت في الماضي زيّن الكرومنيون كهوف لاسكو في فرنسة.

كانت فكرة ليبي مفيدة، بحيث مُنح جائزة نوبل من أجلها في 1960. وتقول: إن جميع الأشياء الحية تحتوي في داخلها على نظير كربوني يدعى كربون14 ***، الذي يبدأ بالتآكل في نسبة قابلة للقياس لحظة موته. يمتلك الكربون 14 نصف حياة، أي الوقت الذي يستغرقه نصف أي عينة كي يختفي تبلغ نحو 5,600 سنة، وهكذا عبر

---

* أثر غلاف الأرض الجوي في الاحتفاظ بحرارة الشمس، وقد أطلق عليه هذا الاسم تشبيهاً له بمفعول المخضرة أو الدفيئة في النباتات. المترجم.

** تحديد أعمار المواد العتيقة، وخصوصاً العيّنات الآثارية التي ترقى إلى ما قبل التاريخ، وذلك من طريق قياس النشاط الإشعاعي الذي يبديه الكربون 14 المتضمن في تلك المواد. المترجم.

*** نظير للكربون ثقيل، إشعاعي النشاط، رقمه الكتلي 14، يُستخدم في تحديد الأعمار العتيقة. المترجم.

استنتــاج كمية التآكل في عيّنة مفترضة مــن الكربون استطاع ليبي أن يصل إلى فكرة جيــدة حول عمر الشــيء، بالرغم من أنه إلى حــد ما فحسب. فبعـد ثمانية أنصاف حيــاة، لا يبقى إلا 0.39 من الكربون الإشعاعي الأصلي، وهذا قليل جداً للقيام بقياس موثوق، وهكذا فإن الكربون الإشعاعي يؤرخ فقط أشياء يصل عمرها إلى أربعين ألف عام أو ما يقارب ذلك.

مــا أثار الشكوك هو أنه فيمــا كانت التقنية تنتشر على نطــاق واسع، ظهرت فيها عيــوب جلية. فقــد اكتُشف أن أحد المكوّنــات الأساسية لصيغة ليبــي؛ المعروف باسم ثابــت التــآكل، كان مخطئاً بنحو 3% على أي حال، كانــت قد تمت آلاف القياسات في أنحاء العالم. وبدلاً من إعادة تحديد كل واحدة، قرر العلماء الحفاظ على الثابت غير الصحيح. وقال تيم فلانيري: «هكذا، إن كل تأريخ إشعاعي خام تقرؤه اليوم قُدّم على أنــه أقــل بنحو 3%». لم تتوقف المشكلات هنــا. فقد اكتُشف بسرعــة أيضاً أن عيّنات الكربون 14 يمكن أن تُلوّث بالكربون من مصادر أخرى: قطعة من الخضراوات، مثلاً، جُمعــت مع العيّنة ولم يُلاحظ وجودها. ومن العينات الأصغر تلك التي تحت العشرين ألــف سنــة أو ما يقارب ذلك، لا يهــم التلوث قليلاً في غالب الأحيــان، ولكنه يمكن أن يكــون مشكلة جدية للعيّنات الأكبر سنــاً؛ لأن قلة من الذرات الباقية تُحسب. في المثال الأول، إذا استعرنــا كلام فلانــيري، إن الأمر على غرار الخطــأ في دولار في أثناء عد ألــف؛ وفي المثــال الثاني إنه أكثر من خطأ في دولار حــين يكون لديك فقط دولاران كي تعدهما.

استنــد منهج ليبــي أيضاً إلى افتراضــ أن كمية الكربــون 14 في الغلاف الجوي، والسرعــة التي تمتصه بها الأشيــاء الحية، كانت متواصلة في أثنــاء التاريخ. والواقع أنهــا لم تكن كذلك. ونعرف الآن أن كمية الكربون 14 في الغلاف الجوي تتنوع بحسب إذا كانــت مغنــاطيسيــة الأرض تحرف جيداً أم لا الأشعة الكونية، وأنها يمكن أن تتنوع بشــكل مهم مع مرور الوقت. هذا يعنــي أن بعض تواريخ الكربون هي أكثر التباساً من الأخــرى. وبين الأكــثر التباساً هي تواريخ عن الوقت الذي جــاء فيه الناس في البداية إلى الأمريكيتين، وهذا أحد أسباب بقاء المسألة قيد الجدل بنحو دائم.

أخـيراً -وربمـا بنحو غير متوقع قليـلاً- يمكن أن تخطئ القـراءات بسبب عوامل خارجيـة تبدو غير ذات صلة، مثـل حميات أولئك الذين اختـبرت عظامهم. وشملت حالة أخيرة الجدل الذي استمر طويلاً حول إن كان السفلس نشأ في العالم القديم أم في الجديـد. فقـد اكتشف علماء الآثار في (هل) أن الرهبـان في مقبرة أبرشية عانوا من السفلس، ولكن الاستنتاج الأولي بأن الرهبان قد عانوا من ذلك قبل رحلة كولمبوس شُـكك به عبر إدراك أنهـم أكلوا كثيراً من الأسماك، مما يجعـل عظامهم تبدو أكبر سنـاً مما هي عليه في واقع الأمر. يمكن أن يكـون الرهبان قد أصيبوا بالسفلس، غير أنه لم يُعرف كيف انتقل.

وبسبـب العيوب المتراكمة للكربون 14، اخـترع العلماء طرقاً أخرى في تأريخ المواد العتيقـة، وبينها التألّق الحراري، الذي يقيـس الإلكترونات العالقة في الطين، والرنين الـدوراني للإلكترون، والـذي يشمل قصف عيّنـة بموجـات كهرومغناطيسية وقياس اهتـزازات الإلكترونـات. ولكن لم يستطـع حتى أفضل هذه الطـرق أن يحدد عمر أي شيء أكبر من مئتي ألف عام، ولم يستطع تأريخ المواد غير العضوية كالصخور مطلقاً، وهذا بالطبع ما تحتاجون إليه إذا كنتم راغبين بتحديد عمر كوكبكم.

وبسبـب هذا النوع من مشكلات تحديد عمر الصخـور تخلى الجميع في أنحاء العالم كلها عن هذه الطرق. ولولا أستاذ إنكليزي مصمّم يُدعى آرثر هولمز، لنُسي الأمر تماماً.

كان هولمـز بطلاً في تجاوزه للعقبات كما في النتائج التي حققها. وفي العشرينيات، حـين كان في أوج عمله، انزلقت الجيولوجيا خـارج الموضة وتراجع تمويلها كثيراً -ولا سيمـا في بريطانية - مسقط رأسها الروحي. وكان هولمـز قسم الجيولوجيا برمته في جامعـة دورمهـم لسنوات كثيرة. وكان غالباً ما يضطـر إلى استعارة أو جمع الأجهزة سويـة؛ كي يقوم بتأريخـه الإشعاعي للصخور. وفي نقطة مـا، تم تأجيل حساباته لمدة سنـة وهو ينتظر الجامعة كي تزوده بآلة جمع بسيطة. وبين الفينة والأخرى، كان عليه الخـروج مـن الحياة الأكاديمية مـن أجل أن يكسب مـا يكفي؛ كي يعيـل أسرته. أدار حانوتاً للتحف في نيوكاسل بعيداً عن تاين، ومرة لم يكن بوسعه تأمين خمسة جنيهات وهي أجر العضوية السنوي في الجمعية الجيولوجية.

كانت التقنية التي استخدمها هولمز في عمله صحيحةً نظرياً ونشأت مباشرةً من عملية رصدها في البداية إرنست رزرفورد عام 1904 التي تقول: إن بعض الذرات في عنصر ما تنحل في عنصر آخر بسرعة قابلة للتنبؤ تمكّن من استخدامها على أنها ساعات. إذا عرفتم كم يستغرق البوتاسيوم 40 كي يصبح أرغون 40، وقستم كميات كل منهما في عيّنة، تستطيعون استنتاج عمر المادة. كان إسهام هولمز هو حساب عمر الصخور، وهكذا كما كان يأمل عمر الأرض.

ولكن كان هناك كثير من الصعوبات التقنية التي ينبغي التغلب عليها. وكان هولمز يحتاج أيضاً، أو ربما على الأقل كان واعياً جداً لذلك إلى آلات ميكانيكية معقدة من نوع يمكّنه من القيام بقياسات رائعة لعينات بالغة الصغر، وكما رأينا، كان كل ما استطاع فعله هو الحصول على آلة جمع بسيطة. وهكذا كان الأمر إنجازاً حين كان قادراً في 1946 على الإعلان ببعض الثقة أن عمر الأرض هو على الأقل ثلاثة بلايين عام وربما أكثر. ولسوء الحظ، واجه عائقاً آخر لا يُقهر في وجه القبول: النزعة المحافظة لدى زملائه العلماء. فبالرغم من أنهم مدحوا منهجيته، أكّد كثيرون أنه لم يكتشف عمر الأرض، وإنما عمر المواد التي شُكّلتْ منها الأرض.

في هذا الوقت تماماً طوّر هاريسون براون من جامعة شيكاغو منهجاً جديداً في إحصاء نظائر الرصاص في الصخور البركانية (أي تلك التي نشأت من خلال التسخين، بوصفها نقيضاً لتلك الرسوبية). وحين أدرك أن العمل سيكون مملاً جداً أوكله إلى الشاب كلير باترسون؛ ليكون مشروعاً للدكتوراه. ومن المعروف أنه وعد باترسون بأن تحديد عمر الأرض بمنهجه الجديد سيكون «سهلاً». والواقع أنه سيستغرق سنوات.

بدأ باترسون العمل على المشروع في 1948. وبالمقارنة مع إسهامات توماس ميدجلي المتنوّعة في مسيرة التقدم، شُعر أن اكتشاف باترسون لعمر الأرض خطر. عمل لمدة سبع سنوات، أولاً في جامعة شيكاغو ثم في مؤسسة كاليفورنيا للتكنولوجيا (التي انتقل إليها في 1952)، وعمل في مختبر معقّم، قائماً بقياسات دقيقة لنسب الرصاص واليورانيوم في عينات منتقاة بعناية من الصخور القديمة.

كانت المشكلة التي تواجه قياس عمر الأرض أنك تحتاج إلى صخور قديمة جداً تحتوي على كريستال يحمل الرصاص واليورانيوم وقديمة كالكوكب نفسه، وأي شيء أصغر بكثير سيمنحك تواريخ صغيرة مضللة. ولكن الصخور القديمة لا يعثر عليها إلا نادراً. وفي أواخر الأربعينيات لم يفهم أحد سبب هذا. والواقع أننا سندخل في عصر الفضاء قبل أن يتمكّن أحد من أن يفسر بشكل مقنع أين ذهبت صخور الأرض القديمة. (كانت الإجابة هي الألواح التكتونية، التي سنصل إليها بالطبع). في غضون ذلك، تُرك باترسون؛ كي يقوم بالتجارب ويفهم الأمور بمواد محدودة جداً. في النهاية -وبشكل بارع- خطر له أنه يستطيع أن يتحايل على نقص الصخور باستخدام صخور من كواكب أخرى. لجأ إلى الأحجار النيزكية.

كان الافتراض الذي قام به وهو افتراض عظيم، وتبين أنه صحيح هو أن كثيراً من الأحجار النيزكية هي بالأصل بقايا مواد بناء من الأيام الأولى للمنظومة الشمسية، وهكذا نجحت في حفظ كيمياء داخلية بدائية تقريباً. فإذا ما قِيس عمر هذه الأحجار المتجوّلة فإننا سنحصل على عمر الأرض.

غير أن الوصف المبهج شيء، وواقع الأمور شيء آخر. ذلك أن الأحجار النيزكية ليست وافرة والعينات النيزكية ليس من السهل الحصول عليها. فضلاً عن ذلك، برهنت طريقة باترسون في القياس أنها صعبة وتحتاج إلى كثير من الصقل. وقبل كل شيء، كان هناك مشكلة أن عيّنات باترسون كانت تُلّوث باستمرار وبشكل غير قابل للتفسير بجرعات كبيرة من رصاص الغلاف الجوي كلما تعرضت للهواء. هذا ما قاده في النهاية إلى إنشاء مخبر معقّم، وكان هذا أول مخبر من نوعه في العالم، بحسب إحدى الروايات.

استغرق الأمر بالنسبة لباترسون سبع سنوات من العمل الصبور للعثور على عينات مناسبة، وقياسها من أجل الاختبار الأخير. وفي ربيع 1953 أخذ عيّناته إلى مختبر أرغون القومي في إلينيوي، حيث مُنح الوقت لاستخدام آلة مطياف الكتلة الحديثة؛ وهي آلة قادرة على كشف وقياس الكميات القليلة جداً من اليورانيوم والرصاص الموجودة في الكريستال القديم. حين حصل أخيراً على نتائجه، كان باترسون مثاراً

جـداً، بحيث قاد السيـارة مباشرة إلى منـزل طفولته في أيوا، وجعل أمـه تأخذه إلى مستشفى؛ لأنه اعتقد أنه يتعرض لنوبة قلبية.

بعد ذلك حالاً - وفي اجتماع في وسكنسون - أعلن باترسون عمراً محدداً للأرض هـو 4,550 مليون سنة (زائد أو ناقص 70 مليـون عام) «وظل هذا الرقم دون تغيير لمدة 50 عاماً»، كما قال مجرين بإعجاب. بعد مئتي عام من المحاولات، صار للأرض عمر أخيراً.

ركز باترسون انتباهه على مسألة الرصاص في الغلاف الجوي. وذُهل حين اكتشف أن قليلاً من المعروف عن تأثيرات الرصاص في البشر كان مغلوطاً أو مضللاً. لم يكن الأمر مفاجئـاً، بما أن صنّاع مواد الرصاص المضافة هم الذين قدموا التمويل لجميع دراسات تأثير الرصاص طيلة أربعين عاماً.

وفي إحـدى هذه الدراسات، وضـع طبيب غير مختصـ في الأمراض الناجمة عن المواد الكيماوية برنامجاً مدته خمس سنوات، طلب فيه من المتطوعين أن يستنشقوا أو يبتلعـوا الرصاص في كميات كبـيرة. ولسوء الحظ، لم يُطرح الرصاص مع الفضلات، وإنمـا كان يتراكم في العظام والدم، وهذا ما يجعله خطراً، غير أن الطبيب لم يعرف ذلـك علـى ما يبـدو، ولم يتم اختبـار العظم والـدم. بالنتيجـة، بُـرّئ الرصاص من التأثيرات الخطرة.

اكتشـف باترسون بسرعة أن هناك كثيراً من الرصاص في الجو، بما أن الرصاص لا يتلاشى وأن نحو 90% منه يأتي من عوادم السيارات؛ ولكنه لم يستطع إثبات ذلك. مـا كان يحتاج إليه هو طريقة لمقارنـة مستويات الرصاص في الجو الآن مع المستويات التي كانت موجودة قبل 1923، حين بدأ رباعي أثيل الرصاص يُنتج تجارياً. وخطر له أن العيّنات الجوفية للجليد يمكن أن تقدم الإجابة.

كان من المعروف أن سقوط الثلج في أمكنة مثل غرينلندا يتراكم في طبقات سنوية منفصلـة (لأن اختلافات درجـات الحرارة الموسمية يحدث تغـيّرات ضئيلة في اللون من الشتـاء إلى الصيف). وعبر إحصاء هذه الطبقات وقياس كمية الرصاص في كل

منهـا، يستطيع استنتـاج تركز الرصاص في الغلاف الجوي للعالم في أي وقت لمئات أو حتى آلاف السنوات. وصارت الفكرة هي الأساس في دراسات عينات الجليد الجوفية، التي يستند إليها كثير من العمل المناخي الحديث.

مـا اكتشفـه باترسون هو أنه قبل 1923 لم يكن هنـاك رصاص في الجو، وأنه منذ ذلـك الوقـت ارتفعت مستويات الرصاص بنحو ثابت وخطر. فكرس حياته للنضال مـن أجل تخليص البترول من الرصاص. ومن أجـل هذه الغاية، صار ناقداً متواصلاً وصريحاً لصناعة الرصاص ومصالحها.

كانت هذه حملة رهيبة. كانت إيثيل شركة عالمية قوية لها أصدقاء كثيرون في مواقع السلطـة. (كان بين مديريها قاضي المحكمة العليا لويس باول وجيلبرت جروسفينور من الجمعية الجغرافية الوطنية). وفجأة اكتشف باترسون أن تمويل البحث سُحب أو صـار من الصعب الحصول عليه. وألغت مؤسسة البـترول الأميركية عقدَ بحثٍ معه، كما فعلت خدمة الصحة العامة الأميركية، وهي كما يُفترض هيئة حكومية محايدة.

وبعد أن صار باترسون عبئاً قانونياً على مؤسسته، تم الضغط على أوصياء كالتيك بنحـو متكرر من قبل مسؤولي صناعـة الرصاص؛ كي يخرسـوه أو يفصلوه. وبحسب جامـي لنكولـن كتمان، الذي كتـب في مجلة نيشـن، (يُقال: إن مسـؤولي شركة إيثيل عرضـوا تمويل كرسي في كالتيـك «إذا كف باترسون عن إثـارة الموضوع»). كانوا من السخف بحيث إنّهم أبعـدوه عن ندوة لمجلس البحث القومي مخصصة لبحث أخطار تسميـم الرصاص للجو، بالرغم من أنـه كان آنذاك -ودون شك- أبرز خبير أميركي في رصاص الغلاف الجوي.

لم يتراجع باترسون قيد أنملة وهذا ما منحه جدارة كبرى. وفي النهاية قادت جهوده إلى إدخـال قانـون نظافة الهواء في 1970، وإلى إزالـة كل البنزين المرصص من البيع في الولايات المتحدة في 1986. وتقريباً على الفور انخفضت مستويات الرصاص في دم الأميركيين بنسبة 80%. ونظراً لأن الرصاص يستمر إلى الأبد، فإن الأميركيين الذين يعيشـون اليوم يحتـوي كل واحد منهم على الرصاص أكثر بـ 625 مرة من الأشخاص

الذين عاشوا قبل قرن. غير أن كمية الرصاص في الجوّ تواصل نموها -بشكل قانوني- بنحو مئة ألف طن في السنة، ومعظمه من التعدين وصهر المعادن والأنشطة الصناعية. منعت الولايات المتحدة أيضاً الرصاص في الدهان الداخلي للمنازل، «بعد 44 سنة من منعه في أوروبة كلها»، كما قال مجرين. ومن اللافت، أنه بالرغم من سميّته المذهلة، لم يُزل لِحام الرصاص من علب الطعام الأميركية حتى عام 1993.

أما شركة إيثيل، فإن قوتها لا تزال تنمو بالرغم من أن جي إم وستاندارد أويل ودو بونت لم تعد تملك أسهماً في الشركة. (باعوا لشركة تُدعى ألبرمارل بيبر في 1962). وبحسب مجرين، في نهاية شباط 2001 واصلت إيثيل القول: «إن البحث فشل في إظهار أن البنزين المرصّص يشكل تهديداً للصحة البشرية أو البيئة». وعلى موقعها على الإنترنت، لا يذكر تاريخ الشركة الرصاص أو حتى توماس ميدجلي، وإنما يشير ببساطة إلى المنتج الأصلي على أنه يحتوي «مزيجاً معيناً من المواد الكيماوية».

لم تعد شركة إيثيل تصنع البنزين المرصص، بالرغم من أنه وبحسب تقاريرها لعام 2001، حقق رباعي رصاص الأثيل (أو تي إي إل كما تدعوه) 25.1 مليون دولار من المبيعات في 2000 (من بين إجمالي 795 مليون)، وقد زاد المبلغ عن 24.1 مليون دولار في 1999، ولكنه كان أدنى من 117 مليون دولار في 1998. وقالت الشركة في تقريرها: إنها عازمة على «أن تزيد إلى الحد الأعلى النقد الناجم عن رباعي أثيل الرصاص بما أن استخدامه ينخفض في أنحاء العالم». تسوّق إيثيل هذه المادة في أنحاء العالم جميعها من خلال اتفاق مع شركة أسوشييتد أوكتل ليمتد في بريطانية.

بالنسبة للبلاء الآخر الذي تركه لنا توماس ميدجلي، كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons، فإنه حظر في 1974 في الولايات المتحدة، ولكنه شياطين صغيرة وعنيدة وكل ما أطلق منه في الجو (في مزيلات التعرق أو مثبتات الشعر، مثلاً) سيكون موجوداً بالتأكيد، ويقوم بالتهام الأوزون بعد أن أختفي أنا وأنت. والأسوأ من ذلك، ما نزال ندخل كميات ضخمة منه إلى الجو كل عام. إذاً من الذي يصنعه؟ نحن؛ أي كثير من الشركات الضخمة ما تزال تصنعه في مصانعها فيما وراء البحار. ولن يُحظر في بلدان العالم الثالث حتى 2010.

توفي كليرباترسون في 1995. لم يحصل على جائزة نوبل من أجل عمله. ولم يحصل علماء الجيولوجيا أبداً على الجائزة. و من الغريب أنه لم يحظَ بأي شهرة أو حتى كثير من الانتباه بالرغم من نصف قرن من الإنجاز المتواصل والخالي من الأنانية. ويمكن القول: إنه كان أكثر علماء الجيولوجيا تأثيراً في القرن العشرين. ومع ذلك من سبق وسمع باسم كلير باترسون؟ فمعظم مقررات الجيولوجيا لا تذكره. ثمة كتابان مشهوران صدرا أخيراً عن تاريخ تحديد عمر الأرض يخطئان في كتابة اسمه. وفي أوائل 2001، ارتكب أحد مراجعي الكتابين في مجلة نيتشر خطأ إضافياً مذهلاً حين اعتقد أن باترسون امرأة.

على أي حال، حصلت الأرض أخيراً في 1953 على عمر اتفق الجميع عليه بفضل عمل كلير باترسون. والمشكلة الوحيدة الآن هي أنها أقدم من الكون الذي يحتويها.



الفصل الحادي عشر

كواركات مستر مارك

في عام 1911 كان عالم بريطاني يُدعى س.ت.ر. ولسون يدرس تشكيلات السحب عن طريق الصعود بانتظام إلى قمة (بين نيفس)؛ وهو جبل أسكتلندي مشهور برطوبته، حين خطر له أنه يجب أن تكون هناك طريقة أكثر سهولة. بنى في مختبر كافندش في كمبريدج غرفة اصطناعية للسحب، وهي أداة بسيطة يستطيع فيها أن يبرّد الهواء ويرطّبه، مبتكراً نموذجاً معقولاً لسحابة في شروط مخبرية.

عملت الأداة بشكل جيد جداً، وكانت لها فائدة أخرى غير متوقعة. حين سرّع جزيئاً ألفاوياً عبر الغرفة؛ كي يعالج السحب المفترضة، ترك أثراً مرئياً، مثل خطوط البخار التي تخلفها طائرة خطيّة. لقد ابتكر لتوّه مكشاف الجسيمات. وقدّم دليلاً مقنعاً أن الجسيمات الدُّوذرية توجد بالفعل.

أخيراً اخترع عالمان آخران في مختبر كافندش مكشافاً أكثر قوة لحزمة البروتونات proton-beam، بينما اخترع إرنست لورنس في بيركلي في كاليفورنيا مسرّع الجسيمات المشهور، وعرفت الآلتان باسم محطّمتي الذرة لزمن طويل. عملت كل تلك الآلات الغريبة وما تزال تعمل وفقاً للمبدأ نفسه تقريباً، والهدف هو تسريع البروتون أو جسيم مشحون إلى سرعة عالية جداً على مسار (أحياناً دائرة، وأحياناً بشكل خطّي)، ثم صدمه بجسيم آخر ومشاهدة ما يتطاير. لهذا دعيت محطمة الذرة. لم يكن هذا علماً دقيقاً، ولكنه كان فاعلاً عموماً.

حين اخترع علماء الفيزياء آلات أكبر وأكثر طموحاً، بدؤوا يكتشفون أو يسلمون بجسيمات أو عائلات جسيمات لا تُحصى على ما يبدو: الميونات والبيونات والهايبيرونات والميزونات وميزونات ك، و بوزونات هيجز، وبوزونات متوسطة المتّجه، الباريونات والتاكيونات. وبدأ علماء الفيزياء يشعرون بعدم الراحة. ومرة أجاب

إنركيـون فيرمي حين سأله طالب عن اسـم جسيم معيّن: «أيها الشاب، لو أستطيع أن أتذكر أسماء هذه الجسيمات، لكنت عالم نبات».

تمتلـك المسرّعـات اليوم أسمـاء تبدو مثل شيء مـا سيستخدمـه فلاش جوردون في معركة:سيوبـر بروتون ساينكروتـون، صادم، بوزترون الإلكـترون الكبير، وصادم هـادرون الكبير، وصادم الأيون الثقيل الكبير. مستخدمـة كميات ضخمة من الطاقة (يعمـل بعضها فقط في الليل بحيث إنّ الأشخاص في البلدات المجاورة ليس عليهم أن يشهدوا بهوت أضوائهم حين يشغّل الجهاز)، تستطيع هذه المسرّعات أن تولّد الحيوية في الجسيمات بحيث إنّ إلكتروناً واحداً يمكن أن يقوم بـ 47,000 دورة في نفق طوله 7 كيلومـترات في أقل من ثانية. أثيرت المخاوف من أن حماس العلماء يمكن أن يدفعهم كـي يخلقوا دون قصد ثقبـاً أسود، أو حتى شيئاً ما يُدعى «الكـواركات الغريبة»، التي تستطيـع – نظريـاً – أن تتفاعل مع جسيمـات دُوذرية أخرى، وتتوالـد بشكل لا يمكن التحكم به. إذا كنتم تقرؤون هذا، فإن هذا الأمر لم يحدث.

يحتـاج العثـور على الجسيمـات إلى وقت معـيّن من التركيز. فهـي ليست صغيرة وسريعـة فحسب وإنما سريعة الزوال بشكل كبير أيضـاً. تستطيع الجسيمات أن تأتي إلى الوجود وتتلاشى مرة أخرى في أقل من 0.000000000000000000000001 من الثانيـة (10^{-24} من الثانية). حتى الأكثر بلادة مـن الجسيمات غير المستقرة لا تبقى أكـثر من 0.0000001 من الثانية (10^{-7}). بعض الجسيمات هي مبهمة بشكل غريب. ففـي كل ثانيـة يزور الأرض عشـرة آلاف ترليـون ترليون من النيوترونـات الصغيرة التـي لا كتلة لها (تطلق معظمها الإشعاعات الذريـة للشمس)، والواقع أنها كلها تعبر الكوكب وكل ما فيه، بما فيه أنا وأنت، وكأنها لم تكن هناك. لاصطياد بعضها فحسب، يحتاج العلماء إلى صهاريج تتسع لخمسة وسبعين ألف متر مكعب من الماء الثقيل (أي مـاء بكمية وافرة نسبياً من الهيدروجين الثقيل فيها) في غرف تحت الأرض (مناجم قديمة، عادة) بحيث لا يتدخل فيها أنواع أخرى من الإشعاع.

وفي أحيـان كثيرة، يصطـدم نيوترون عابر بنواة ذرية في الماء وينتج اندفاعاً قليلاً للطاقـة. يحصي العلماء الاندفاعـات وبهذه الطريقة يقربوننا بنحـو ضئيل من فهم

السمـات الجوهرية للكون. ففـي 1998 أفاد راصدون يابانيـون أن للنيوترونات كتلة، ولكنها ليست كبيرة: نحو جزء من عشرة بالمليون من كتلة الإلكترون.

يحتـاج العثـور علـى الجسيمات في هـذه الأيـام إلى كثير من النقـود. ثمة علاقة عكسية غريبة في الفيزياء الحديثة بين صغر الشيء الذي يُبحث عنه ووزن التجهيزات المطلوبـة للقيام بالبحث. إن الهيئة الأوروبية للأبحاث النووية هي مثل مدينة صغيرة. وتقـع على الحدود بين فرنسـة وسويسرة وتستخدم ثلاثـة آلاف موظّف وتحتل موقعاً يقاس بالمتر المربّع. وتتباهـى الهيئة بمجموعة من المغنطيسات كل منها أكبر وزناً من برج إيفل، وبنفق تحت الأرض طوله 26 كيلومتراً.

إن تحطيـم الذرات سهل كمـا قال جيمس تريفل: «فأنتـم تفعلون ذلك في كل مرة تشعلون فيها مصباحاً ساطعاً». إن تحطيم نواة ذرية -على أي حال- يقتضي كثيراً من الأمـوال وتغذية كهربائية كبيرة. أما الهبـوط إلى مستوى الكواركات الجسيمات التي تصنـع الجسيمات فيتطلب أكثر من ذلك: ترليونـات الفولتات من الكهرباء وميزانية ولايـة أميركية وسطى صغيرة. إن صادم هادرون الكبـير Large Hadron Collider الخاص بالهيئة الأوروبية للأبحاث الذرية، صُمم للبدء بالعمليات في 2005، وسينجز 14 ترليون فولت من الطاقة ويكلف بناؤه أكثر من 1,5 بليون دولار*.

ولكـن هذه الأرقام لا شيء بالمقارنة مع نفقـات وإنجاز الصادم الجبّار ذي العمل الجبّار superconducting supercollider الذي تم البدء بتشييده قرب واكساهاشي بولاية تكساس في الثمانينيات، قبل أن يجرب اصطداماً ضخماً خاصاً به مع كونغرس الولايـات المتحدة. إن الهدف من الصـادم هـو جعل العلماء يسبرون «الطبيعة المطلقة للمادة» -كما عُبِّر عن الأمر دوماً- عبر إعادة خلق أوضاع الكون قدر الإمكان في الجزء الأول مـن عشـرة آلاف من البليون من الثانية. وترمـي الخطة إلى قذف جسيمات في نفـق طوله 84 كيلومتراً من أجل إنجـاز 99 ترليون فولت من الطاقة الصاعقة. كانت خطـة عظيمـة، ولكنها تكلف 8 بليونـات دولار (وهذا الرقم صعـد في النهاية إلى 10 بليونات) وتكلف إدارته السنوية مئات الملايين من الدولارات.

* هناك تأثيرات جانبية عملية لكل هذا الجهد المكلف.إن الشبكة الشاملة للعالم هي فرع من الهيئة الأوروبية للأبحاث الذرية. لقد ابتكرها عالم من الهيئة يدعى تيم بيرنيرز لي، عام 1989.

ربما في أروع مثال في التاريخ عن إغداق النقود على ثقب في الأرض أنفق الكونغرس 2 بليون دولار على المشروع، ثم ألغاه في 1993 بعد حفر 22 كيلومتراً من النفق. وهكذا تتباهى تكساس الآن بأغلى نفق في الكون. وقد أخبرني صديقي جيف جوين من فورت ورث ستار تلغرام أن الموقع «هو جوهرياً حقل كبير منظف منقط على طول محيطه بسلسلة من البلدات الصغيرة الخائبة الأمل».

ومنذ انهيار مشروع الصادم الجبّار، غضّ علماء فيزياء الجسيمات بصرهم، ولكن حتى المشروعات المتواضعة يمكن أن تكون مكلفة جداً بالمقارنة مع أي شيء. إن مرصد نيوترون مقترحاً في منجم هومستيك القديم في ليد، ساوث داكوتا، سيكلّف 500 مليون وهذا منجم محفور سابقاً حتى قبل النظر في كلف الإدارة السنوية للنفق، سيكون هناك أيضاً 281 مليون دولار «من كلف التحويل العامة». وتكلف إعادة تجهيز مسرّع جسيمات في فيرميلاب في إلينيوي 260 مليون دولار.

إن فيزياء الجسيمات، باختصار، مشروع مكلف جداً ولكنه مثمر. واليوم إن عدد الجسيمات فوق 150، ويشتبه بوجود نحو 100 من الجسيمات الأخرى، ولكن لسوء الحظ، وكما عبّر رتشارد فينمان: «من الصعب جداً أن نفهم علاقات جميع تلك الجسيمات وما الهدف الذي تريدهم الطبيعة من أجله، أو ما هي الصلات بين الواحد والآخر». وكلما نجحنا بفتح علبة، اكتشفنا أن هناك علبة أخرى مقفلة في داخلها. يعتقد بعضهم أن هناك جسيمات تسمى التيكونات يمكن أن تسافر بسرعة أعلى من سرعة الضوء. يتوق آخرون لاكتشاف الغرافيتون: كمّ حقل الجاذبية. من الصعب القول متى نصل إلى القاع الذي لا يُختزل. أثار كارل ساغان في كتابه الكون احتمال أنه إذا أمعنا النظر في إلكترون يمكن أن نجد أنه يحتوي على كون خاص به، مما يذكّر بروايات الخيال العلمي في الخمسينيات. «هناك عدد ضخم من الجسيمات الأخرى الأكثر صغراً في داخله، منظمة كالمجرات والبنى الأصغر، التي هي بنفسها أكوان على المستوى اللاحق وهكذا إلى الأبد،هناك في الأسفل أكوان داخل أكوان بلا نهاية. والأمر هو كذلك في الأعلى أيضاً».

إنـه عالم يتجاوز الفهـم بالنسبة لمعظمنا. وحتى إذا قرأنا دليـلاً أولياً عن فيزياء الجسيـم هـذه الأيام، فإننـا سنمر عبر الأجمـات القاموسية التي كهـذه: «إن البيون المشحـون والأنتيبيـون ينحلان علـى التعاقب إلى ميـون زائد أنتينيوتـرون وأنتيميون زائـد نيوترون بمعدل حياة متوسط هو 2.603×10^{-8} ثانية، وينحل البيون المحايد إلى فوتونـين بمعدل حيـاة متوسط هو $10^{-16}\times10$-0.8 ثانية، والميـون والأنتيميون ينحلان بالتعاقب...» وهكذا دواليك، وهذا مأخوذ من كتاب للقارئ العام ألّفه أكثر المفسرين وضوحاً (عادة)، ستيفن واينبرغ.

اخترع عالم الفيزياء في كالتيك في الستينيات، وفي محاولة لتبسيط الأمور قليلاً، فئة جديدة من الجسيمات تهدف جوهرياً - كما عبّر ستيفن واينبرغ - «إلى استعادة بعض التنظيم إلى تعدد الهادرونات»، وهذا مصطلح جمعي يستخدمه علماء الفيزياء للبروتونـات والنيترونـات وجسيمـات أخرى تحكمها القـوة النوويـة القوية. وكانت نظرية (جيل مان) تفيد بأن جميع الهادرونات مصنوعة من جسيمات أصغر، وأكثر جوهريـة. وأراد زميله رتشارد فينمـان أن يدعو هذه الجسيمات الجديدة الأساسية البارتونـات partons، كمـا في دولي، ولكنه نُقض. وبدلاً من ذلك صـارت معروفة باسم الكواركات quarks.

أخـذ (جيل مان) الاسم من سطـر في رواية يقظة فينيغان: «ثلاثة كوراكات لمستر مارك!». ولكنّ البساطة الجوهرية للكواركات لم تستمر طويلاً. فبعد أن صارت مفهومة علـى نحو أفضل كان من الضروري إدخـال أقسام فرعية. وبالرغم من أن الكواركات صغيرة جداً كي يكون لها لون أو طعم أو أي سمات مادية أخرى يمكن أن نتعرف عليها، فقـد صارت مجموعة في ست فئات أعلى، وأسفل، وغريبة، وساحرة، وقمة، وقاع وقد أشـار إليها علمـاء الفيزياء بنحو غريب علـى أنها «نكهاتها»، وقـد قُسمت هذه أيضاً إلى ألـوان حمراء وخضراء وزرقاء. (ويشتبه المرء أنه ليس من قبيل المصادفة أن هذه المصطلحات استخدمت في البداية في كاليفورنية في أثناء مدة تفشي المخدرات).

وظهـر من بين كل ذلك في النهاية ما يدعـى بالنموذج المعياري، الذي هو جوهرياً نـوع من طقم أجـزاء للعالم الدوذري. ويتألـف النموذج المعياري مـن ستة كواركات،

وستة لبتونــات* leptons؛ خمسة بوزونات معروفة وسادس مفترض (على اسم عالم أسكتلنــدي، بيتر هيجــز)، بالإضافة إلى ثلاث مــن القوى الفيزيائيــة الأربع: القوى النووية القوية والضعيفة والكهرومغناطيسية.

رتبــت الأمور بحيــث إنّ الكواركات هي من بين القطــع الأساسية التي تبني المادة؛ وتشدّ هذه إلى بعضها بعضاً جسيمات تُدعى الغريونات؛ وتشكل الكواركات والغريونات سوية البروتونات والنيترونات، مادة النواة النووية. اللبتونات هي مصدر الإلكترونات والنيوترونــات. والكــواركات واللبتونات سوية تُدعى الفيرميونــات. والبوزونات (على اســم العــالم الهندي س.ن. بــوز) هي جسيمات تُنتــج القوى وتحملهــا، وتشتمل على الفوتونــات والغريونــات. إن بوزون هيجز يمكن أن يكون موجــوداً أو غير موجود؛ فقد اختُرِع ليكون طريقة لمنح الجسيمات كتلة.

وكمــا يمكن أن تلاحظــوا إن كل هذا غير عملي قليلاً، ولكنــه أبسط نموذج يمكن أن يشــرح ما يحدث في عالم الجسيمات. ويشعر معظم علماء فيزياء الجسيمات، كما قــال ليون لدرمان في فيلم تلفزيوني وثائقي في 1985: إن النموذج المعياري يفتقر إلى الرشاقــة والبساطــة. «إنه معقّد جداً. إنه يحتوي على كثــير من العناصر العشوائية»، كما قال لدرمان: «فنحن في الحقيقة لا نرى الخالق يدير عشرين قبضة باب؛ كي يضع عشرين مقياساً من أجل خلق الكون كما نعرفه». فالفيزياء في الواقع ليست إلا مجرد البحث عن البساطة المطلقة، ولكن حتى الآن كل ما لدينا هو نوع من الفوضى الرائعة أو كما عبّر لدرمان: «ثمة شعور عميق بأن الصورة ليست جميلة».

إن النمــوذج المعياري ليس أخرق فحسب وإنمــا ناقص أيضاً. إذ لا شيء لديه يقوله عن الجاذبية. ابحثوا في النموذج المعياري كما تشاؤون، فلن تعثروا على أي شيء يشرح لمــاذا حين تضع قبعة على طاولــة لا تحلق إلى السقف. ولا، -كمــا نبهنا لتونا- يستطيع أن يشــرح الكتلــة. ومــن أجل منــح الجسيمــات أي كتلة علينــا أن ندخل بــوزون هيجز الافتراضي؛ أما إن كان يوجد في الحقيقة فهذه مسألة فيزياء القرن الواحد والعشرين. وكمــا قال فينمان مبتهجاً: «وهكذا نحن عالقون في نظرية، ولا نعرف إن كانت صحيحة أم مغلوطة، ولكننا نعرف أنها مغلوطة قليلاً، أو على الأقل غير كاملة».

---

* اللبتون هو جسيم نووي ضئيل الكتلة مثل الإلكترون والبوزترون. المترجم.

وفي محاولة لربط الأمور كلها، وصل علماء الفيزياء إلى شيء ما يُدعى نظرية (السلك الفائق super string theory). وهذا يفترض أن جميع الأشياء الصغيرة كالكواركات واللبتونات التي فكرنا فيها من قبل على أنها جسيمات هي في الواقع «أسلاك»؛ خيوط طاقة مهتزة تتذبذب في أحد عشر بعداً، تتألف من الثلاثة التي نعرفها سابقاً بالإضافة إلى الزمن وسبعة أبعاد أخرى، التي هي مجهولة بالنسبة لنا. الخيوط واهية جداً؛ واهية بما يكفي كي تمر بوصفه جسيمات نقطية.

وبإدخال أبعاد إضافية، تمكِّنُ نظرية الأسلاك الفائقة علماءَ الفيزياء من أن يجمعوا سوية القوانين الكمية، وقوانين الجاذبية في مجموعة مرتبة بشكل نسبي؛ ولكنها تعني أيضاً أن أي شيء يقوله العلماء عن النظرية يبدو مزعجاً كنوع الأفكار، التي ستجعلك تبتعد إذا نقلها إليك غريب على مقعد في حديقة. هنا -على سبيل المثال- عالم الفيزياء متشيو كاكو يشرح بنية الكون من منظور الأسلاك الفائقة:

يتألف السلك من سلك مغلق له نمطان من الاهتزازات، باتجاه حركة عقرب الساعة وبعكس اتجاهه، ويتم التعامل معهما بنحو مختلف. تعيش الاهتزازات التي باتجاه الساعة في فضاء ذي أبعاد عشرة. وتعيش التي بعكس اتجاه الساعة في فضاء ذي ستة وعشرين بعداً، منها 16 بعداً تم ضغطها. (نتذكر في أبعاد كالوزا الخمسة، تم ضغط البعد الخامس بتغليفه الدائرة.

وهكذا تتواصل 350 صفحة.

ولّدت نظرية الأسلاك الفائقة شيئاً دعي نظرية إم، التي تدمج أسطحاً تُدعى الأغشية branes في علم الفيزياء. وهذا -كما أخشى- هو الموقف على الطريق السريع للمعرفة حيث يجب أن ينزل معظمنا. وإليكم جملة من النيويورك تايمز، تشرح هذا ببساطة قدر الإمكان للجمهور العام:

تبدأ عملية ekpyrotic بعيداً في الماضي غير المحدد بزوج من الأغشية branes فارغين منبسطين يوضعان في موازاة بعضهما بعضاً في فضاء منحرف ذي أبعاد خمسة... إن الغشاءين اللذين يشكلان جدران البعد الخامس، كان يمكن أن يقفزا من العدم كتذبذب كمي في الماضي الأكثر بعداً، ثم يندفعا منفصلين.

لا جدل مع هذا. ولا فهم له أيضاً. وتأتي كلمة ekpyrotic بالمصادفة من الكلمة اليونانية التي تعبر عن الحريق (conflagration).

وصلت المسائل في الفيزياء الآن إلى درجة إنّ العالم بول دافيز قال في مجلة نيتشر: «إنه من المستحيل تقريباً على غير العالم أن يميّز بين الغريب بشكل واضح والمعتوه بشكل صريح». ووصلت المسألة بشكل ممتع إلى أوجها في خريف 2002 حين أنتج عالما فيزياء فرنسيان، التوءمان إيغور وغرتشكا بوجدانوف Grichka Bogdanov نظرية طموحة جداً تشتمل على مفهومات مثل «الزمن الخيالي» ووضعية كوبو شوينغر مارتن Kubo-Schwinger-Martin تهدف إلى وصف العدم الذي كان هو الكون قبل الانفجار الكبير، وهي مدة افتُرِض دوماً أنها مجهولة (بما أنها تسبق ولادة الفيزياء ومواصفاتها).

وعلى الفور أثارت نظرية بوجدانوف الجدل بين الفيزيائيين فيما إذا كانت ثرثرة، أو نتاج عبقرية أو خدعة. وقال عالم الفيزياء بيتر وات Peter Woit من جامعة كولومبيا: «من الواضح أن النظرية هي هراء تقريباً من الناحية العلمية، ولكن هذا لا يميزها كثيراً عن كثير من بقية الأدبيات في هذه الأيام».

واقترح كارل بوبر -الذي سماه ستيفن واينبرغ «عميد فلاسفة العلم الحديثين»- أنه يمكن ألا يكون هناك في الواقع نظرية نهائية للفيزياء، وإنما يمكن أن يتطلب كل شرح المزيد من الشرح، منتجاً «سلسلة لانهاية لها من المزيد والمزيد من المبادئ الجوهرية». والاحتمال المنافس هو أن معرفة كهذه يمكن أن تكون ببساطة خارج طاقتنا. وكتب واينبرغ في كتاب أحلام حول نظرية نهائية: «حتى الآن -لحسن الحظ- لا نبدو كأننا نتجه إلى نهاية مصادرنا الفكرية».

ومن المؤكد تقريباً أن هذه حقبة ستشهد المزيد من التطورات الفكرية، ومن المؤكد تقريباً ثانية أن هذه الأفكار ستكون خارج نطاق معظمنا.

وفيما كان علماء الفيزياء في العقود الوسطى للقرن العشرين ينظرون بارتباك إلى عالم ما هو صغير جداً، كان علماء الفلك يكتشفون نقصاً في فهم الكون ككل ليس أقل لفتاً للانتباه.

حين التقينا آخر مرة مع إدوين هبل، كان قد قرر أن جميع المجرات تقريباً في مجال رؤيتنا تطير بعيداً عنا، وأن سرعة وبعد هذا الانسحاب متناسبان: كلما ابتعدت المجرة، ازدادت سرعتها. أدرك هبل أن هذا لا يُمكن التعبير عنه بمعادلة بسيطة، Ho= v/d (حيث Ho هي الثابت، v هي السرعة الانكفائية وd مسافة بعدها عنا). لقد عرفت Ho منذ ذلك الوقت بثابت هبل، والكل عرف باسم قانون هبل. مستخدماً هذه الصيغة، حسب هبل أن عمر الكون بليونا عام، وكان هذا مرتبكاً قليلاً؛ لأنه في أواخر العشرينيات كان من الجلي بشكل متزايد أن أموراً كثيرة داخل الكون بما فيه -على الأرجح- الأرض نفسها كانت أكبر من ذلك. وكان تعديل هذا الرقم الشغل الشاغل باستمرار للكزمولوجيا.

إن الشيء الوحيد الثابت تقريباً عن ثابت هبل كان كمية الخلاف حول أي قيمة يجب منحها له. ففي 1956 اكتشف علماء الفلك أن مجموعة النجوم القيافوية المتغيرة كانت أكثر تغيّراً مما ظنوا؛ وجاءت في تنوعين، وليس في واحد. سمح لهم هذا أن يعيدوا العمل على حساباتهم، ويصلوا إلى عمر جديد للكون بين سبعة بلايين وعشرين بليون عام، ولم يكن هذا العمر دقيقاً جداً، ولكن كان كبيراً بما يكفي على الأقل كي يشمل أخيراً تشكّل الأرض.

وفي الأعوام التي لحقت نشأ جدل استمر طويلاً، بين آلن سانداغ، وريث هبل في جبل ولسون، وجيرار دو فوكوليور Gerard de Vaucouleurs عالم الفلك المولود في فرنسة الذي كان في جامعة تكساس. وصل سانداغ بعد أعوام من الحسابات الدقيقة إلى قيمة لثابت هبل هي 50، مانحاً الكون عمر عشرين بليون عام. ولكن دو فوكوليور كان متأكداً بنحو مساوٍ أن ثابت هبل هو 100*. هذا يعني أن الكون هو نصف الحجم

* بالطبع يحق لك التساؤل ما الذي يعنيه بالضبط «ثابت 50 أو «ثابت 100». تكمن الإجابة في الوحدات الفلكية للقياس. لا يستخدم علماء الفلك السنوات الضوئية إلا في أحاديثهم. يستخدمون الفرسخ النجمي، وهو يستند إلى مقياس كوني ويعادل ثلاث سنوات ضوئية وربع السنة. أما المقاييس الكبيرة، كحجم الكون، فهي تقاس بالفرسخ النجمي الكبير: فرسخ نجمي كبير واحد يساوي مليون فرسخ نجمي. ويعبر عن الثابت من زاوية الكيلومتر في كل ثانية في كل فرسخ نجمي كبير. وهكذا حين يشير علماء الفلك إلى ثابت هبل 50 فما يعنونه هو «50 كيلومتراً في الثانية في كل فرسخ نجمي كبير». بالنسبة لمعظمنا هذا قياس لا معنى له؛ ولكن مع ذلك، بالمقاييس الفلكية معظم المسافات ضخمة، بحيث تكون غير قابلة للتصديق.

والعمر اللذين اعتقد بهما ساندراغ: عشرة بلايين عام. ودخلت الأمور في اللايقين حين اقترح فريق من مراصد كارينجي في كاليفورنية في عام 1994، مستخدماً مقاييس من تلسكوب هبل الفضائي، أن الكون يمكن أن يكون صغيراً وبعمر 8 بلايين سنة، وهو عمر سلّم الفريق أنه أصغر حتى من عمر بعض النجوم في الكون. وفي شباط 2003، أعلن فريق من ناسا ومركز الطيران الفضائي جودارد في ماريلاند، مستخدماً نمطاً جديداً بعيد المدى من الأقمار الصناعية يدعى مسبار ولكنسون ميكرويف أنستروبي، ببعض الثقة أن عمر الكون هو 13.7 بليون عام، زد أو أنقصْ نحو مئة مليون عام. وهنا استقرت الأمور، على الأقل حالياً.

إن الصعوبة التي تواجه القيام بتحديدات نهائية هي أنه هناك غالباً مساحات واسعة للتأويل. تخيّل الوقوف في حقل في الليل ومحاولة أن تقرر كم يبعد ضوءان كهربائيان بعيدان. مستخدماً أدوات مباشرة من علم الفلك تستطيع أن تحدد بسهولة أن المصباحين لهما التألق نفسه، وأن واحدة منهما أكثر بعداً بخمسين بالمئة من الأخرى. ولكن ما لا تستطيع التأكد منه هو، (مثلاً) إن كان الضوء الأقرب 58 واطاً أي يبعد 37 متراً، أو 61 واطاً أي يبعد 36.5 متراً. وقبل كل شيء يجب أن تأخذ في الحسبان التشوهات التي تسببها التغيرات في جو الأرض، من قبل الغبار البيمجريّ، ومن الضوء الملوّث القادم من النجوم الأمامية وعوامل أخرى كثيرة. والنتيجة هي أن حساباتك هي بالضرورة مبنية على سلسلة من الافتراضات المتداخلة، أي منها يمكن أن يكون مصدراً للجدل. هناك أيضاً مشكلة أن المدخل إلى التلسكوبات مكلف جداً، وكان قياس الانزياحات الحمراء تاريخياً مكلفاً على صعيد الوقت. يمكن أن يستغرق الأمر الليل كلّه للحصول على كشف واحد. بالنتيجة، كان علماء الفلك يضطرون أحياناً (أو يرغبون) إلى أن يبنوا الحسابات على أدلة غير كافية. وكما اقترح الصحفي جيوفري كار، لدينا في الكوزمولوجيا «جبل من النظريات المبنية على كومة من الأدلة بحجم التي يصنعها الخلد». أو كما عبّر مارتن ريس عن الأمر: «إن رضانا الحالي [بحالة فهمنا] يمكن أن يعكس ضآلة المعطيات بدلاً من تفوّق النظرية».

وينطبق هذا اللايقين -بالمصادفة- على أشياء قريبة نسبياً كما ينطبق على الحواف البعيدة للكون. وكما يقول دونالد جولدسميث: «حين يقول علماء الفلك: إن

مجرة إم 87 تبعد 60 مليون سنة ضوئية، فإن ما يعنونه في الواقع (ولكنهم لا يشدّدون على هذا للجمهور العام) هو أنها تبعد ما بين 40 و90 مليون سنة ضوئية، ليس تماماً الأمر نفسه. بالنسبة للكون عامة، إن الأمور تُكبّر بنحو طبيعي. فبالرغم من النجاح الباهر الذي يحيط بالإعلانات الأخيرة، فإننا نبقى بعيدين جداً عن الإجماع».

اقترحت إحدى النظريات المهمة أخيراً أن الكون ليس كبيراً كما نظن؛ إنه حين نحدق في المسافة، فإن بعض المجرات التي نراها يمكن أن تكون مجرد انعكاسات، أو صوراً شبحية أنشأها الضوء المرتدّ.

والواقع أن هناك كثيراً من الذي لا نعرفه، حتى على مستوى جوهري تماماً، بما فيه مما صُنع الكون. حين يحسب العلماء كمية المادة المطلوبة لربط الأشياء سوية، فإنهم ييأسون من معرفة ذلك دوماً. ويبدو أن 90% على الأقل من الكون، وربما 99% مؤلف من «المادة السوداء» لفريتز زويكي، وهي مادة بطبيعتها غير مرئية لنا. وإنه لمثير للسخط تماماً بالنسبة لنا أن نفكر أننا نعيش في كون لا نستطيع، حتى أن نراه في معظم الأحيان، ولكن ها أنت هناك. على الأقل إن اسمي المتهمين الرئيسين المحتملين ممتعان: قيل إنهما إما الجسيمات الكبيرة التي تتفاعل على نحو ضعيف WIMPs، التي هي ذرات مادة غير مرئية باقية من الانفجار العظيم أو MACHOs (الأشياء الكبيرة المدمجة المحاطة بهالة، وهذا في الواقع اسم آخر للثقوب السوداء، الأقزام الرمادية ونجوم أخرى باهتة جداً).

مال علماء فيزياء الجسيمات إلى تفضيل شرح الجسيم الخاص بالجسيمات الكبيرة، التي تتفاعل على نحو ضعيف، وفضل علماء الفيزياء الفلكية الشرح النجمي للأشياء المحاطة بهالة. وكان للأشياء المحاطة بهالة اليد العليا لبعض الوقت، ولكن لم يُكتشف ما يكفي منها، وهكذا عاد التعاطف إلى الجسيمات الكبيرة، بالرغم من مشكلة أنه لم يُكتشف أي منها أبداً. ولأنها تتفاعل أسبوعياً، فإنه مفترض أنها موجودة من الصعب جداً اكتشافها. فالأشعة الكونية ستسبّب كثيراً من التدخل. وهكذا ينبغي أن يذهب العلماء عميقاً تحت الأرض. إن القصف الكوني إلى عمق

كيلومتر واحد تحت الأرض سيكون جزءاً من واحد بالمليون مما ستفعله على السطح. ولكن حين تُضاف كل هذه، «فإن ثلثين من الكون ما يزالان مفقودين من الميزانية العمومية. أما الآن فإننا نستطيع أن ندعوها جيداً DUNNOS (أشياء في مكان ما سوداء ومجهولة وغير انعكاسية أو قابلة للكشف).

وتوحي الأدلة الأخيرة أن المجرات لا تندفع بعيداً عنا فحسب، وإنما تفعل ذلك بنسبة تتسارع. وهذا يخالف جميع التوقعات. وتبيّن أن الكون يمكن أن يكون مليئاً ليس بالمادة السوداء فحسب، وإنما بالطاقة السوداء. وأحياناً يدعوها العلماء الطاقة الخوائيّة أو الجوهر. مهما كانت، فإنها يبدو أنها تقود توسّعاً لا أحد يستطيع تفسيره. تقول النظرية: إن الفضاء الفارغ ليس فارغاً على الإطلاق، هناك جسيمات من المادة والمضادة للمادة تقفز إلى الوجود، ثم تقفز خارجه مرة أخرى، وهذه تدفع الكون إلى الخارج بسرعة متنامية. ومن غير المرجح أن الشيء الوحيد الذي يحلّ كل هذا هو ثابت آينشتاين الكوني، قطعة الرياضيات الصغيرة التي أسقطها في نظرية النسبية العامة لإيقاف توسع الكون المفترض، وقد دعا هذا بـ «الخطأ الأكبر في حياتي». وتبين الآن أنه قام بالأمور على نحو صحيح في النهاية.

إن زبدة كل هذا هو أننا نعيش في كون لا نستطيع أن نحسب عمره تماماً، محاط بنجوم لا نعرف كم تبعد عنا أو عن بعضها بعضاً، ومليء بمادة لا نستطيع تعريفها، ويعمل بانسجام مع القوانين الفيزيائية التي لا نفهم خصائصها.

بعد هذه الملحوظة المقلقة لنعد إلى الكوكب الأرضي ونفكر في شيء ما لا نفهمه بالرغم من أنكم ربما لن تُفاجؤوا الآن من سماع أننا لا نفهمه بشكل كامل، وما نفهمه لم نفهمه منذ وقت طويل.



الفصل الثاني عشر

الأرض تتحرك

قبـل أن توافيه المنيــة في 1955، كتب ألبرت آينشتاين مقدمة قصيرة ألمعيّة لكتاب ألفّـه عالم جيولوجيـا يُدعى تشارلز هابجود بعنوان «قشــرة الأرض المنزاحة»: مفتاح بعض المشكلات الأساسية لعلم الأرض. قوّض كتاب هابجود فكرة أن القارات تتحرك. وبنـبرة تدعـو القارئ إلى الانضمـام إليه في ضحكة خافتة، قـال هابجود: إن قلة من الأنفس الساذجة لاحظت «تواشجاً واضحاً في الشكل بين قارات معيّنة». وتابع قائلاً: إنــه يبدو: «كأن أمريكـة الجنوبية يمكن أن تشبــه تماماً إفريقية، وهكـذا دواليك... ويزعم أنه حتى تشكيلات الصخور على جانبي الأطلسي متطابقة».

رفض السيد هابجود بذكاء هذه الأفكار، منبهاً أن عالمي الجيولوجيا ك.ي. كاستر وج.س. مينديـز قاما بعمل ميداني واسـع على جانبي المتوسط، وبرهنـا أنه لا توجد تشابهات كهذه. لا يعرف إلا الله أي بروز صخري نظر إليه كاستر ومينديز؛ لأن كثيراً من تشكيلات الصخور على جانبي الأطلسي هي نفسها في الحقيقة.

لم تكـن الفكرة من ابتـكار السيد هابجود أو علماء جيولوجيـا آخرين في عصره. فقد ظهرت النظرية التي لمّح إليها هابجود في البداية في 1908 على يد عالم جيولوجيا أميركـي هـاوٍ يدعى فرانك برسلي تيلور. جاء تيلور مـن أسرة ثرية وكان لديه كل من الوسائـل والحرية من القيود الأكاديمية كي يتبع خطوط استقصاء غير تقليدية. كان أحـد أولئك الذين صعقهم التشابه بين ظاهر الخطوط الساحلية في إفريقية وأمريكة الجنوبية، ومن هذه الملاحظة طوّر فكرته بأن القارات انزلقت مرة دائرياً. اقترح بعلم بالغيـب، كمـا تبيّن فيما بعد أن اصطدام القارات رفع سلاسل الجبال في العالم. لكنه أخفق في إيراد أدلة، وعدّت النظرية خرقاء لا تستحق الانتباه الجدي.

ولكـن فكرة تيلور -علـى أي حال- التُقطـت في ألمانية، وانتُحلت علـى نحو فاعل، مـن قبل منظّر يُدعى ألفرد فيجينر، وهو عالم بالأرصـاد الجوية في جامعة ماربورغ.

استقصى فيجينر الشذوذات الكثيرة في النبات والمستحاثات، التي لم تتلاءم بنحو مريح في النموذج المعياري لتاريخ الأرض، وأدرك أن قليلاً منها له معنى إذا تم تفسيره بنحو مألوف. هذا وقد ظهرت المستحاثات الحيوانية بشكل متكرر على جانبي المحيطات التي كانت على ما يبدو كبيرة جداً لا يمكن عبورها بالسباحة. وتساءل: كيف انتقلت الجرابيات من أمريكة الجنوبية إلى أسترالية؟ وكيف ظهرت سلاحف مماثلة في البلدان الإسكندنافية ونيوإنجلاند؟ وكيف يفسر المرء وجود طبقات الفحم أو بقايا شبه استوائية في مناطق قارسة مثل سبتسبرجن، على بعد 600 كيلومتر إلى الشمال من النرويج، إذا لم تكن قد هاجرت إلى هناك من مناخات دافئة؟

طوّر فيجينير نظرية أن قارات العالم وُجدت مرة كتلة أرضٍ واحدةٍ دعاها بانجيا Pangaea حيث كانت الحياة النباتية والحياة الحيوانية قادرتين على الاختلاط، قبل أن تنفصلا إلى مواقعهما الحالية. وعبّر عن الفكرة في كتاب بعنوان: «أصل القارات والمحيطات»، نُشر في ألمانية سنة 1912 و بالرغم من نشوب الحرب العالمية الأولى آنذاك، نشره بالإنكليزية بعد ثلاث سنوات.

وبسبب الحرب، لم تجذب نظرية فيجينير كثيراً من الانتباه في البداية، ولكن في 1920، حين أنتج نسخة منقّحة وموسّعة صار بسرعة موضوعاً للنقاش. وافق الجميع على أن القارات انجرفت، ولكن إلى الأعلى والأسفل، وليس جانبياً. إن عملية الحركة العمودية – المعروفة باسم توازن القشرة الأرضية – كانت أساس الاعتقاد الجيولوجي لأجيال، بالرغم من أنه لم يطرح أحد أي نظريات جيدة عن: «كيف حدث هذا ومتى؟». كانت هناك فكرة واحدة، بقيت في المقررات المدرسية، حتى أيام دراستي، هي نظرية «التفاحة المسلوقة» التي طرحها النمساوي إدوارد سويس تماماً قبل انعطافة القرن. قالت النظرية: إنه حين بردت الأرض الذائبة صارت مجعدة كتفاحة مطبوخة، مشكّلة أحواض محيطات وسلاسل جبال. لا يهم أن جيمس هتون قال قبل هذا بوقت طويل: إن أي ترتيب ثابت كهذا سينتج في النهاية كرةً بلا ملامح، بما أن الحتّ يمهّد الانتفاخات ويملأ الحفر. كان هناك أيضاً المشكلة، التي أشار إليها رزرفورد وسودي في بداية القرن، بأن العناصر الأرضية تحمل احتياطيات كبيرة من الحرارة، كثير

وكثير جداً بحيث لا يسمح بنوع التبريد والتقلص الذي اقترحه سويس. وعلى أي حال، إذا كانت نظرية سويس صحيحة، فإن الجبال ستوزع عندئذ بنحو متساوٍ عبر وجه الأرض –ولكنها لم تكن هكذا على ما يبدو– ومن العمر نفسه تقريباً؛ ومع ذلك، في أوائل التسعينيات كان من الواضح أن بعض السلاسل مثل الأورال وجبال الأبّلاش، كانت أكبر من الأخرى بمئات الملايين من السنين، كالألب وجبال روكي. ومن الواضح أن الوقت كان ناضجاً لنظرية جديدة. ولسوء الحظ، لم يكن ألفرد فيجينير الرجل الذي رغب الجيولوجيون بأن يقدمها.

في البداية، شككت أفكاره الجذرية بأسس نظامهم، وكانت هذه نادراً ما تعدّ طريقة فاعلة لتوليد المودة في الجمهور. سيكون تحدٍّ كهذا مؤلماً لو قام به عالم جيولوجيا، ولكن فيجينير لم يكن يمتلك خلفية في الجيولوجيا. كان عالم أرصاد جوية، رجل طقس ألماني، ولم تكن هذه حالات نقص قابلة للعلاج.

وهكذا بذل علماء الجيولوجيا ما بوسعهم؛ كي يرفضوا دليله ويقللوا من أهمية اقتراحاته. وللالتفاف على مشكلة توزع المستحاثات، وضعوا «جسوراً ترابية» قديمة، بحسب الحاجة. وحين اكتشف أن حصاناً قديماً يدعى هيباريون عاش في فرنسة وفي فلوريدة في الوقت نفسه، رسم جسراً أرضياً عبر الأطلسي. وحين عُرف أن حيوانات التابير عاشت بنحو متزامن في أمريكة الجنوبية وجنوب شرق آسية رسم جسراً أرضياً هناك، أيضاً. وفي الحال كانت خرائط البحار ما قبل التاريخية مليئة بالجسور، الأرضية الافتراضية من أمريكة الشمالية إلى أوروبة ومن البرازيل إلى إفريقية ومن جنوب شرق آسية إلى أسترالية، ومن أسترالية إلى أنتاركتيكا. ولم تظهر هذه الحوالق الرابطة بشكل ملائم كلما كان من الضروري نقل متعضّ حيٍّ من كتلة أرض إلى أخرى فحسب، ولكنها تلاشت أيضاً بشكل إلزامي دون أن تترك أثراً لوجودها السابق. ولم يدعم هذا بالطبع أي أدلة ولا شيء يمكن أن يكون خطأً كهذا، ولكن هذه كانت الأرثوذكسية الجيولوجية في نصف القرن اللاحق.

لم تستطع حتى الجسور الأرضية شرح بعض الأمور. فإحدى الأنواع من ثلاثيات الفصوص التي كانت معروفة جيداً في أوروبة اكتشف أنها كانت تعيش أيضاً في

نيوفاوندلانـد*، ولكـن على جانب واحد فقط. ولم يستطع أحـد أن يشرح بشكل مقنع كيـف أنهـا استطاعت عبـور 3000 كيلومتر من المحيـط المعادي، ولكنهـا أخفقت في العثـور علـى طريقها حول زاوية جزيـرة عرضها 300 كيلومـتر. وكان هناك نوع آخر أكـثر شذوذاً مـن ثلاثيات المفاصل عُثر عليه في أوروبـة، وفي الشمال الشرقي الغربي من أمريكة المطل على المحيط الهادئ ولكن لم يُعثر عليه في أي مكان بينهما، مما لن يقتضـي كثير من الجسـور الأرضية بقدر ما يقتضي طيراناً. مع ذلك في أواخر 1964 حين ناقشت الموسوعة البريطانية النظريات المتنافسة عدت نظرية فيجينير أنها كانت مليئة «بالعديد من الصعوبات النظريـة الخطرة». وللتأكيد، ارتكب فيجينير أخطاء. جزم بأن غرينلندا تندفع إلى الغرب بسرعة 1.6 كيلومتر في العام، وهذا هراء واضح. (إن الأمر يتم بالسنتمترات). وقبل كل شيء، لم يستطع تقديم شرح مقنع عن: «كيف كانـت كتل الأرض تتحـرك؟». وللإيمان بنظريته يجب أن تقبلـوا أن القارات الكبيرة تدفع نوعاً ما عبر القشرة الصلبة، كمزارع يحرث الأرض، دون أن يترك أي أثلام بعد ذلك. لاشيء إذاً يمكن أن يشرح بنحو معقول ما حرّك هذه الانتقالات الكبيرة.

كان آرثر هولمز، عالم الجيولوجيا البريطاني - الذي فعل كثيراً لتحديد عمر الأرض - هو الذي قدّم اقتراحاً. كان هولمز أول عالم فهم أن التدفئة الإشعاعية يمكن أن تنتج تيارات نقل داخل الأرض. نظرياً، يمكن أن تكون هذه قوية بما يكفي كي تجعل القارات تنـزاح دائرياً على السطح. وفي كتابه المشهور والمؤثر مبـادئ الجيولوجيا الفيزيائية، الـذي نُشـر لأول مرة في 1944، وضع هولمز نظرية لانجراف القارات هي، في مبادئها الجوهرية؛ النظرية السائـدة اليوم. كانت ما تزال فرضية جذرية في زمنها وانتُقدت على نطاق واسع -خاصة في الولايات المتحدة- حيث استمرت مقاومة الانجراف أكثر مـن أي مكان آخر. اغتاظ هناك أحـد المراجعين -دون أي إحساس بالمفارقة- قائلا: إن هولمز قدم حججه بشكل واضح ومغرٍ للطلاب؛ كي يؤمنوا بها. وفي مكان آخر -على أي حال- حصلت النظرية على دعم مطرد ولو كان حذراً. ففي 1950، أظهر تصويت في الاجتمـاع السنوي للرابطة البريطانية لتقدم العلـم، أن نصف الحاضرين تقريباً

* جزيرة مثلثية الشكل تقريباً واقعة تجاه الساحل الشرقي من كندا. المترجم.

قبلوا فكرة الانجراف القاري. (قام هابجورد حالاً بعد هذا بإيراد هذا الرقم على أنه دليل على كيف أصبح علماء الجيولوجيا البريطانيين مضلّلين). ومن المثير للفضول، أن هولمز نفسه تذبذب في معتقده أحياناً. فقد اعترف في 1953: «لم أنجح أبداً في تحرير نفسي من رأي سابق مزعج ضد الانجراف القاري؛ في عظامي الجيولوجية، إذا صح التعبير، أشعر أن الفرضية فنتازية».

لم يكن الانجراف القاري دون دعم بشكل كامل في الولايات المتحدة. فقد دافع عنه رجينال دالي من هارفارد، ولكنه -كما يمكن أن تتذكروا- كان الشخص الذي اقترح أن القمر يشكل من تأثير كوني، وكان هناك ميل إلى عدِّ أفكاره مهمة، وحتى جديرة بالثقة، ولكنها فياضة بالحماس بحيث لا تُعدّ تفكيراً جدياً. وهكذا تمسّك معظم الأكاديميين الأميركيين بالاعتقاد بأن القارات شغلت مواقعها إلى الأبد، وأن ملامح سطوحها يمكن أن تُعزى إلى شيء آخر غير الحركات الجانبية.

ومن المثير للاهتمام أن علماء الجيولوجيا في شركات النفط عرفوا طوال سنوات أنك إذا أردت العثور على النفط، يجب أن تعترف بحركات السطح المتضمنة في الألواح التكتونية. لكن علماء الجيولوجيا المختصين بالنفط لم يكتبوا أبحاثاً أكاديمية؛ وإنما عثروا على النفط فحسب.

كانت هناك مشكلة رئيسة أخرى في نظريات الأرض لم يحلها أحد، أو حتى يقترب من حلّها. كانت تلك مسألة أين تذهب كل الرُّسابة. ففي كل عام تحمل أنهار الأرض كميات كبيرة من المادة المتآكلة 500 مليون طن من الكالسيوم، مثلاً إلى البحار. إذا ضربت سرعة الإيداع بعدد الأعوام، تصل إلى عدد مزعج: سيكون هناك نحو 20 كيلومتراً من المواد الرسابية في قاع المحيط أو -إذا عبّرنا عن الأمر بطريقة أخرى- ستكون قيعان المحيطات الآن فوق قممها. وقد تعامل العلماء مع هذه المفارقة بأسهل الطرق: أي تجاهلها. ولكن في النهاية جاءت نقطة لا يستطيعون فيها تجاهل هذا الأمر.

في أثناء الحرب العالمية الثانية، عُيّن عالم معادن في جامعة برنستون يُدعى هاري هيس مسؤولاً عن سفينة نقل هجومية، يو إس إس كيب جونسون. وعلى متن

هـذه السفينة كان هناك مسبار خيالي للأعمـاق يدعى سابر الأعماق، صُمّم لتسهيل المناورات قرب الشاطئ في أثناء النزول عليه، ولكن هيس أدرك أنه يمكن أن يُستخدم بنحو مساوٍ لأهداف علمية ولم يطفئه أبداً، حتى في أعماق البحار، أو في وطيس المعركة. ما اكتشفه كان غير متوقع بنحو كامل. إذا كانت أرضيات المحيط قديمة -كما افترض الجميع- يجب أن تكـون مغطاة بشكل كثيـف بالمواد الرسابية، علـى غرار الطين في قـاع نهر أو بحـيرة. ولكن قراءات هيس أظهرت أن أرضيـة المحيط لم تقدم أي شيء سوى نعومة الغرين القديم. إن المحيط معلّم في كل مكان بالأودية والخنادق والصدوع ومنقـط بالجبال البحرية البركانية، التي دعاها الموائد البحرية على اسم أحد علماء الجيولوجيـا السابقـين أرنولد جويوت. كان هـذا لغزاً، ولكن هيسـ خاض حرباً؛ كي يشارك فيه، ووضع أفكاراً كهذه في مؤخرة ذهنه.

بعـد أن وضعـت الحـرب أوزارهـا، عاد هيسـ إلى برنستـون وعـاد إلى انشغالاته بالتدريسـ، ولكن ألغاز قـاع البحر واصلت احتلال مكان في أفـكاره. في غضون ذلك، وفي أثنـاء الخمسينيـات، كان علمـاء المحيطـات والأوقيانوسات يقومـون بالمزيد من المسوحات لأرضيات المحيط. وفي أثناء فعلهم هذا، عثروا على مفاجأة أكبر: إن أضخم وأوسـع سلسلة جبال على الأرض كان معظمها تحت المـاء. اتبعت ممراً متواصلاً على طـول قيعان بحـار العالم كمسار كرة تنسـ. لو انطلقت من إيسلنـدة وسافرت جنوباً، تستطيع أن تتبعها في مركز المحيط الأطلسي، حول قاع إفريقية، وعبر المحيط الهندي والجنوبـي إلى الهادئ تماماً تحت أستراليـة؛ وهناك تدور على نحو زاوّي عبر المحيط الهادئ، وكأنها تتجه إلى باجا في كاليفورنيا قبل أن ترتفع في الساحل الغربي للولايات المتحـدة إلى آلاسـكا. وبـين الفينـة والأخرى تنتأ قممهـا الأعلى فوق المـاء كجزيرة أو أرخبيـل الآزوريس والكناري في الأطلسي، وهـاواي في الهادئ، على سبيل المثال، ولكن معظمها مدفون تحت آلاف القامات (القامة = ستة أقدام) من البحر المالح، المجهولة وغير المفكر فيها. حين تضاف كل فروعها سوية فإن الشبكة تمتد 75,000 كليومتر.

كان جـزء قليل من هـذا معروفاً لبعض الوقـت. فالأشخاص الذيـن كانوا يرمون كبلات إلى قاع المحيط في القرن التاسع عشر أدركوا أنه كان هناك نوع ما من التدخل

الجبلي في منتصف الأطلسي من الطريقة التي كانت تتحرك بها الكبلات، ولكن الطبيعة المتواصلة والوزن الكلي للسلسلة كانا مفاجأة مذهلة. فضلاً عن ذلك، احتوت على شذوذات مادية لا يمكن شرحها. وفي حيد منتصف الأطلسي كان هناك صدع عرضه 20 كيلومتراً بالنسبة لطوله الكامل الذي يبلغ تسعة عشر ألف كيلومتر. بدا كأن هذا يوحي بأن الأرض تنشق عند خطوط الاتصال، كجوزة تخرج من صدفتها. كانت فكرة سخيفة ومثيرة للأعصاب، ولكن الدليل لا يمكن أن يُنكر.

ثم في 1960 أظهرت العيّنات الأساسية أن قاع المحيط فتي جداً في حيد منتصف المحيط، لكنه يصبح على التعاقب أكبر حين تنتقل بعيداً عنه إلى الغرب أو الشرق. فكّر هاري هيس بالمسألة وأدرك أن هذا يمكن أن يعني شيئاً واحداً فحسب: شكلت قشرة محيط جديدة على جانبي الانجراف المركزي، ثم دفعت بعيداً عنه بعد أن جاءت قشرة جديدة خلفها. كانت أرضية المحيط ناقلين ضخمين، واحد ينقل القشرة نحو شمال أمريكة، وينقلها الآخر نحو أوروبة. صارت العملية معروفة باسم انتشار أرضية البحر.

حين وصلت القشرة في نهاية رحلتها إلى الحدود مع القارات، غاصت مرة أخرى في الأرض في عملية تُعرف باسم السحج. شرح هذا إلى أين ذهبت الترسبات كلّها. لقد تمت إعادتها إلى أحشاء الأرض. شرح أيضاً لماذا كانت قيعان البحار والمحيطات في كل مكان فتية نسبياً. ولم يكتشف أن عمر أي منها أكثر من 175 مليون سنة، وكان هذا لغزاً؛ لأن عمر الصخور القارية كان بلايين الأعوام في الغالب. والآن يستطيع هيس أن يعرف لماذا لا تستمر الصخور المحيطية إلا الوقت الذي تستغرقه كي تنتقل إلى الشاطئ؟. كانت هذه نظرية جميلة شرحت كثيراً جداً. أوضح هيس حججه في بحث مهم جداً، تم تجاهله عالمياً تقريباً. فالعالم أحياناً لا يكون مستعداً لفكرة جيدة.

في غضون ذلك، قام باحثان يعملان على نحو مستقل، باكتشافات مذهلة معتمدين على حقيقة مثيرة للفضول عن تاريخ الأرض اكتُشفت قبل عقود عدة. ففي 1906، اكتشف عالم فرنسي يُدعى برنار برون Bernard Brunhes أن الحقل المغناطيسي للكوكب يعكس نفسه من وقت لآخر، وأن سجل هذه الانعكاسات ثابت بشكل دائم في

بعض الصخور في وقت تشكّلها. وبشكل محدّد، إن حبات صغيرة من خام الحديد داخل الصخور تشير إلى أي مكان يصادف أن يكون فيه القطبان المغناطيسيان في وقت تشكّلهما، ثم تبقى مشيرة إلى تلك الجهة فيما هي تبرد وتتصلّب. بالنتيجة، إنها «تتذكّر» أين يكون القطبان المغناطيسيان في وقت تشكلها. لم يكن هذا لسنوات سوى شيء لافت للنظر، ولكن في الخمسينيات درس باتريك بلاكيت من جامعة لندن و س.ك.رنكورن من جامعة نيوكاسل النماذج المغناطيسية القديمة المتجمدة في الصخور البريطانية وفوجئا -هذا إذا قلنا أقل شيء- حين اكتشفا أنها تشير إلى أنه في وقت ما في الماضي البعيد دارت بريطانية على محورها وانتقلت قليلاً إلى الشمال، وكأنها فلتت نوعاً ما من مراسيها. فضلاً عن ذلك، اكتشفا أنك إذا وضعت خريطة لنماذج أوروبة المغناطيسية إلى جانب خريطة أميركية من المدة نفسها، فإنهما يتلاءمان سوية كنصفي رسالة ممزّقة. كان هذا خارقاً للطبيعة. ولكنه تم تجاهل اكتشافاتهما، أيضاً.

وأخيراً قام رجلان من جامعة كمبريدج، عالم جيوفيزياء (عالم بطبيعة الأرض) يدعى درموند ماثيوس وطالب متخرج يدعى فرديد فاين، بربط الخيوط جميعها سوية. وفي 1963 -مستخدمين الدراسات المغناطيسية لقاع المحيط الأطلسي- بيّنا بشكل قاطع أن أرضيات البحار كانت تنتشر بدقة بالطريقة التي اقترح بها هيس أن القارات تتحرك. واستنتج عالم جيولوجيا كندي غير محظوظ يدعى لورنس مورلي النتيجة نفسها في الوقت نفسه، ولكنه لم يستطع العثور على أي شخص ينشر بحثه. وفيما أصبح ازدراءً مشهوراً، قال له محرر مجلة جورنال أوف جيوغرافيكال ريسيرش (مجلة الأبحاث الجغرافية): «إن تأملات كهذه تشكل حديثاً ممتعاً في حفلات الكوكتيل، ولكنها ليست النوعية التي ينبغي أن تُنشر تحت الرعاية العلمية الجدية». ووصفه أحد علماء الجيولوجيا مرة بأنه «على الأرجح أهم بحث في علوم الأرض سبق و رُفض نشره».

على أي حال، كانت القشرة المتنقلة فكرة لم يحن وقتها بعد. وقد عقد كثير من أهم الشخصيات في هذا الميدان ندوة في لندن برعاية الجمعية الملكية في 1964، وفجأة، ارتد الجميع على ما يبدو. اتفق المجتمعون على أن الأرض (خليط متنوع) موازييك من القطع المتداخلة التي يفسّر اصطدامها الضخم ببعضها بعضاً كثيراً من سلوك سطح الكوكب.

ونُبـذ بسرعة اسم «الانجراف القاري» حـين أُدرك أن القشرة كلها تتحرك وليس القـارات فقـط، ولكن الأمـر استغرق مدة للاستقـرار على اسم للقطـع الفردية. في البدايـة سمّاها الناس «القطع القشرية»، أو أحياناً «الرصفة». ولكن في أواخر 1968، وبعـد نشر مقالة لثلاثة علمـاء زلازل أميركيين في مجلة الأبحاث الجغرافية، حصلت القطـع على اسم وصـارت تعرف باسم الألـواح. ودعت المقالة نفسهـا العلم الجديد باسم الألواح التكتونية.

إن الأفـكار القديمـة لا تموت بسهولـة لهذا لم يندفـع الجميع إلى اعتنـاق النظرية الجديـدة المثيرة. وفي أواخـر السبعينيات، ألحّ أحـد أشهر الكتـب الجيولوجية المؤثرة، «الأرض» -والذي ألفه المحترم هارولد جيفريز- بقوّة أن الألواح التكتونية تشكل استحالة ماديـة، كمـا فعل في الطبعة الأولى في 1924. وقد رفض أيضـاً الحمل الحراري وانتشار قاع البحر. وفي كتاب الحوض والسلسلة، الذي نُشر في 1980، قال جون مكفي: إن واحداً من بين كل ثمانية جيولوجيين أميركيين لم يقبل فكرة الألواح التكتونية آنذاك.

واليـوم نعرف أن سطح الأرض مشكل من ثمانية إلى اثني عشر لوحاً كبيراً (وهذا يعتمـد على كيفية تحديد الكبر) ومن عشريـن أو ما يقارب ذلك من الألواح الأصغر، وأنهـا كلهـا تتحـرك في اتجاهات مختلفـة وبسرعات مختلفـة. بعض الألـواح كبيرة ومهمـدة نسبيـاً، وبعضها الآخر صغير ولكنه نشيط. ولا تجمعهـا إلا علاقة تصادفية مـع كتل الأرض التي توضع فوقها. فاللوح الأمريكـي الشمالي، مثلاً أضخم بكثير من القـارة التي يُربط بها. فهو يتبع تقريبـاً مخطط الساحل الغربي للقارة (لهذا السبب المنطقـة ناشطـة زلزالياً؛ بسبب ارتجاج واندفاع حد اللـوح)، ولكنه يتجاهل الشاطئ وبـدلاً مـن ذلك يمتدّ منتصف الطريـق عبر الأطلسي إلى الحيد الـذي في منتصفه. أيسلندة منشقة في الوسط، مما يجعلها تكتونياً نصف أمريكية ونصف أوروبية. بينما نيوزلندة هي جزء من لوح المحيط الهندي الضخم بالرغم من أنها ليست قريبة منه. وهكذا المسألة بالنسبة لمعظم الألواح.

إن الروابـط بين كتـل الأرض الحديثـة والسابقة تبدو أكثر تعقيـداً مما يمكن أن يتصـوره المـرء. تبـين أن كازاخستـان كانـت مرتبطة مـرة بالنرويـج ونيوإنجلاند.

وإحدى زوايا جزيـرة ستيتن، ولكن زاوية واحدة فحسب هي أوروبية. وهكذا جزء من نيوفاوندلاند. التقطوا حصاة من شاطئ في ماساتشوسيتس وستكون الحصاة الأقرب لهـا الآن في إفريقيـة. إن الأراضي المرتفعـة الأسكتلندية وكثيراً مـن إسكندنافيا هي أمريكيـة بالأساس. إن بعض سلسلة شاكلتـون من أنتاركتيكا -كما يُعتقد- ربما كانت تنتمي إلى جبال الأبلاش في الروك الروسية الشرقية، باختصار لقد استدارت.

إن الفوضـى المستمرة تمنع الألواح من الانصهار في لـوح واحد ثابت. ومفترضين أن الأمـور ستستمـر كما هو الأمر الآن، فإن المحيط الأطلسـي سيتوسّع إلى أن يصبح في النهايـة أكبر مـن المحيط الهادئ. سيعوم كثـير من كاليفورنيـة ويصبح نوعاً من مدغشقـر المحيـط الهـادئ. ستندفع إفريقيـة شمالاً نحـو أوروبة، مما سيـؤدي إلى اختفـاء المتوسط رافعاً سلسلة جبال على غرار جبال الهملايا المهيبة تمتد من باريس إلى كالكوتـا. ستستعمر أسترالية جزر شمالها وترتبط بآسية بسرّة برزخية. هذه هي النتائج المستقبليـة. والأحداث تحدث الآن. فبينما نجلس هنا، فإن القارات تنجرف، كأوراق في بركـة. ولكـن بفضـل أنظمـة الموضعة العالميـة نستطيع أن نـرى أن أوروبة وأمريكـة الشمالية تنفصـلان بالسرعة نفسها التي ينمو بها ظفـر: تقريباً مترين في مـدة حياة إنسـان. إذا كنت مستعـداً للانتظار مـدة أطول، فبوسعـك أن تنطلق من لوس أنجلس إلى سان فرانسيسكو. إن قصـر العمر فقط هو الذي يمنعنا من إدراك هذه التغـيّرات. انظر إلى الكوكب (الجلوب) وما ستراه في الحقيقة هو لقطة خاطفة للقارات كما كانت فقط لعشر من 1% من تاريخ الأرض.

إن الأرض هي الكوكب الوحيد بين الكواكب الصخرية التي تمتلك الألواح التكتونية والسبـب في هـذا لا يـزال لغزاً. إنهـا ليست مجرد مسألـة حجم أو كثافـة. إن كوكب الزهرة هو توءم للأرض في هذه المناحي، ومع ذلك ليس فيه نشاط تكتوني، ولكن ربما لدينا فقط المواد المناسبة في المقاييس الصحيحة لجعل الأرض تمور بالحيوية. واعتُقد بالرغـم مـن أن الأمر في الحقيقة ليس إلا مجرد فكـرة، أن التكتونيات هي جزء مهم من رفاهة الأرض العضوية. وكما عبّر عن الأمر عالم الفيزياء والكاتب جيمس تريفل: «سيكـون من الصعب التصديق بأن الحركة الدائمـة للألواح التكتونية ليس لها تأثير

علـى تطور الحياة على الأرض». ويقـترح أن التحديات التي تفرضها الألواح التغيرات في المناخ،مثلاً كانت مهمازاً مهماً لتطور الذكاء. ويعتقد آخرون أن الانجرافات القارية مـن المحتمل أنها أنتجت على الأقل بعض حوادث الانقراض المتنوعة على الأرض. وفي تشرين الثاني (نوفمبر) 2003 أنتج توني دكسون من جامعة كمبريدج تقريراً -نُشر في مجلة ساينس (العلم)- يقترح بقوة أنه يمكن أن تكون هناك علاقة بين تاريخ الصخور وتاريـخ الحياة. ما وصل إليه دكسون هـو أن المركب الكيميائي لمحيطات الأرض تبدل بشـكل مفاجئ ودرامي في أوقات عبر النصف بليون عـام الماضية، وغالباً ما تتواشج هـذه التغـيرات مع حوادث مهمة في التاريـخ البيولوجي: البـزوغ الضخم للمتعضيات الصغيرة التي أنشأت الجروف الحوّارية للساحل الإنكليزي الجنوبي، الموضة المفاجئة للأصداف بين المتعضيات البحرية في المدة الكامبرية، وهكذا دواليك.

علـى أي حال، لم تشرح الألواح التكتونية دينامية سطح الأرض فحسب كيف وصل هيباريون قديم من فرنسة إلى فلوريدة، على سبيل المثال وإنما أيضاً كثيراً من أفعالها الداخليـة: الزلازل، وتشكّل سلاسل الجـزر، ودورة الكربون، ومواقع الجبال، ومجيء العصـور الجليدية، وأصول الحياة نفسها، وبالكاد كانت هناك مادة لم تتأثر مباشرة بهذه النظرية الجديدة اللافتة للنظر. لقد وجد علماء الجيولوجيا أنفسهم -كما قال (مكفي)- في الموقع الذي يسبب الدوار حيث «الأرض كلها صارت مفهومة فجأة».

ولكـن إلى نقطة ما فقـط. إن توزيع القارات في الأزمنة السابقـة حُلّ بطريقة أقل أناقـة بكثير مما ظنه الأشخاص جميعاً الذين خارج الجيوفيزيـاء. وبالرغم من أن الكتب تقدم تمثيلات تبدو واثقة لكتل الأرض القديمة بأسماء مثل لوراسيا، وجوندوانا، ورودينيا وبانجيا، إلا أن هذه كانت تستند أحياناً إلى استنتاجات لا تصمد. وكما قال جـورج جيلورد سيمبسـون في كتابه المستحاثـات وتاريخ الحياة، كان لأنـواع النباتات والحيوانـات في العـالم القديم عادة الظهور بشكل غـير مناسب، حيث يجب ألا تظهر وتخفق في أن تكون حيث ينبغي عليها أن تكون.

كان مخطـط جوندوانـا، التـي كانت مـرة قارة كبيرة تربـط أستراليـة وإفريقية وأنتاركتيكـة وأمريكة الجنوبية يستند بشكل كبير على توزع جنس قديم من الأشنيات

يُدعى جلوسوبتيريس Glossopteris، اكتُشف في الأمكنة جميعها. على أي حال، بعد زمن طويل فيما بعد اكتشف الجلوسوبتيريس في أجزاء من العالم ليس لها ارتباط معروف بجوندوانا. إن هذا التناقض المزعج كان ولا يزال مغفلاً. وبنحو مشابه، إن زاحفة من العصر الترياسي تُدعى ليستروصوروس lystrosaurus عثر عليها من أنتاركتيكة طوال الطريق إلى آسية، وهذا دعم فكرة ارتباط سابق بين هذه القارات، ولكنها لم تظهر أبداً في أمريكة أو أسترالية، اللتين اعتقد أنهما كانتا جزءاً من القارة نفسها في الوقت نفسه.

ثمة أيضاً كثير من ملامح السطح التي لا تستطيع الألواح التكتونية شرحها. خذوا دنفر مثلاً. إنها -كما يعرف الجميع- مرتفعة ميلاً، ولكن هذا الارتفاع حديث نسبياً. حين كانت الديناصورات تطوف على سطح الأرض، كانت دنفر جزءاً من قاع المحيط، منخفضة آلاف المترات. مع ذلك إن الصخور التي تستقر عليها دنفر لن تكون مسحوقة أو مشوهة لو أن دنفر دُفعت إلى الأعلى من قبل الألواح المصطدمة، وعلى أي حال كانت دنفر بعيدة جداً عن حواف اللوح كي تكون عرضة لأفعاله. سيكون الأمر كما لو أنك تدفع إزاء حافة سجادة، آملاً أن ترفع ثنية في الطرف المقابل. وطوال ملايين السنين يبدو أن دنفر كانت ترتفع بشكل غامض، مثل الخبز داخل بيت النار. وحدث هكذا أيضاً لكثير من جنوب إفريقية؛ ارتفع جزء مؤلف من 1600 كيلومتر نحو كيلومتر ونصف في مئة مليون عام، دون أي نشاط تكتوني معروف مرتبط بذلك. كانت أسترالية -في غضون ذلك- تنحدر وتغوص. وفي الأعوام المئة مليون الماضية، حين انجرفت شمالاً نحو آسية، غاصت حافتها الأساسية إلى عمق 200 قدم تقريباً. ويبدو كأن إندونيسية تغوص ببطء شديد، وتجر أسترالية معها إلى الأسفل. لا شيء في نظرية التكتونيات يشرح أيّاً من هذا.

لم يعش ألفرد فاغنر أبداً كي يرى أفكاره تُثبت. قام وحده برحلة إلى غرينلندة في 1930، في عيد ميلاده الخمسين؛ كي يفحص نقص المؤونة. لم يعد أبداً. عُثر عليه بعد أيام عدة مجمداً حتى الموت في الجليد. دُفن في المكان نفسه وما يزال قبره هناك، ولكن أقرب نحو متر من أمريكة الشمالية، مما كان عليه يوم موته.

لم يعش آينشتاين أيضاً بما يكفي كي يرى أنه راهن على الحصان الخطأ. وفي الحقيقة، وافته المنية في برنستون، نيوجرسي، عام 1955، قبل أن يُنشر هجوم تشارلز هابجود المتفّه لنظريات الانجراف القارية.

كان المؤثر الآخر الرئيس في بزوغ نظرية التكتونيات، هاري هيس، في برنستون أيضاً في ذلك الوقت، وأمضى بقية حياته المهنية هناك. كان أحد طلابه شاباً متألقاً يدعى والتر ألفاريز، الذي غيّر عالم العلم في النهاية بطريقة مختلفة تماماً.

كانت الانقلابات الجيولوجية قد بدأت لتوّها، وكان الشاب ألفاريز هو الذي ساعد على إطلاق هذه العملية.



الباب الرابع

كوكب خطر

يتألف تاريخ أي جزء من الأرض -مثل حياة الجندي- من مراحل طويلة من الضجر ومراحل قصيرة من الرعب.

عالم الجيولوجيا البريطاني ديريك .يڤ. آجر

الفصل الثالث عشر

انفجار!

كان الناس يعرفون لوقت طويل أن هناك شيئاً غريباً بخصوص الأرض تحت مانسون، في آيوا. وفي عام 1912 أفاد رجل كان يحفر بئراً لتزويد البلدة بالماء أنه أخرج كثيراً من الصخور المشوّهة بشكل غريب. كانت «صخوراً فلذية بلورية مؤلفة من شظايا زاويّة متلاحمة ذات منشأ ذوباني»، «ومقذوفات بركانية مقلوبة»، كما وُصفت في تقرير رسمي. كان الماء غريباً، أيضاً. كان يَسِراً تقريباً كمياه المطر. ذلك أن الماء اليَسِر الذي يحصل بشكل طبيعي لم يُعثر عليه أبداً في آيوا من قبل.

وبالرغم من أن صخور مانسون الغريبة ومياهها الحريرية كانت مسائل مثيرة للفضول، فقد مرّ واحد وأربعون عاماً قبل أن يتوجّه إلى هناك فريق من جامعة آيوا ويقوم بزيارة إلى الجماعة، التي كانت آنذاك -كما الآن- بلدة يسكنها نحو ألفي شخص في الجزء الشمالي الغربي من الولاية. وفي 1953 -بعد تغطيس سلسلة من المواسير التجريبية السابرة- اتفق علماء الجيولوجيا في الجامعة على أن الموقع شاذ وعزوا الصخور المشوّهة إلى فعل بركاني قديم غير محدد. كان هذا يعكس تماشياً مع حكمة العصر، ولكنه كان أيضاً مغلوطاً بقدر ما يمكن أن يكون استنتاجاً جيولوجياً.

لم تأتِ صدمة جيولوجيا مانسون من داخل الأرض وإنما مما وراء ذلك بمئة مليون عام على الأقل. ففي وقت ما في الماضي الضارب في القدم، حين توضعت مانسون على حافة بحر ضحل، سقطت صخرة عرضها ميل ونصف، ووزنها 10 بلايين طن ومنطلقة بأكثر من سرعة الصوت بمئتي مرة عبر الجو، واصطدمت بالأرض بعنف ومفاجأة ليس بوسعنا تخيلهما. والمكان الذي تتوضع فيه مانسون الآن أصبح في لحظة حفرة عمقها ثلاثة أميال، وعرضها أكثر من 20 ميلاً. إن الحجر الجيري الذي يمنح آيوا في مكان آخر مياهها العسرة المعدنية طُمس، واستُبدل بالصخور السفلية المصدومة التي حيرّت حفّار المياه في 1912.

كان اصطدام مانسون أكبر شيء من أي نوع سبق أن حصل في البر الرئيس للولايات المتحدة. فالحفرة التي خلّفها كانت ضخمة جداً بحيث إذا وقفت على إحدى الحواف لن تكون قادراً على رؤية الجانب الآخر إلا في يوم صحوٍ. ستجعل الجراند كانيون يبدو مألوفاً وسخيفاً. ولسوء حظ محبّي المشهد، ملأت 2.5 مليون عام من الطبقات الجليدية، العابرة حفرة مانسون إلى قمتها بالطَّفل الجليدي ثم درَّجتْها وجعلتها ناعمة بحيث إنّ المشهد الطبيعي اليوم في مانسون، ولأميال حولها، صار مسطحاً كالطاولة. ولهذا السبب بالطبع لم يسمع أحد بحفرة مانسون.

وفي مكتبة مانسون يسرّهم أن يطلعوكم على مجموعة من المقالات الصحفية وصندوق من العيّنات الداخلية من برنامج حفر، تم في 1991، والواقع أنه يسرّهم إخراج هذه المواد ولكن عليكم أن تطلبوا رؤيتها. لا شيء يُعرض بشكل دائم ولا يوجد أي مؤشر تاريخي في أي مكان في البلدة.

إن أضخم ما حدث بالنسبة للسكان في مانسون هو الإعصار الذي ضرب مين ستريت في 1979، ودمر المقاطعة التجارية. كانت إحدى فوائد كل تلك الأراضي المنبسطة المحيطة هي أنكم تستطيعون رؤية الخطر من مسافة بعيدة. وتبيّن أن سكان البلدة كلّهم تجمعوا في أحد طرفي مين ستريت، وراقبوا لنصف ساعة تقدم الإعصار نحوهم، آملين أنه سينحرف، ثم ركضوا بسرعة بحصافة حين لم ينحرف. وللأسف، لم يتحرك أربعة منهم بسرعة كافية فقتلهم الإعصار. وفي كل عام في شهر حزيران يتم إحياء المناسبة لمدة أسبوع في مانسون، وهي تُدعى أيام الحفرة Crater Days، وتهدف إلى مساعدة الناس على نسيان تلك الذكرى التعيسة. لكن لا علاقة لها بالحفرة في الحقيقة. ولم يفكر أحد بطريقة؛ كي يفيد من موقع مؤثر غير مرئي.

قالت آنا شلابكول، أمينة المكتبة الودودة في البلدة: «نادراً ما يدخل أشخاص ويسألون إلى أين يجب أن يذهبوا كي يشاهدوا الحفرة، ويكون علينا أن نخبرهم أنه لا يوجد شيء للرؤية ثم يرحلون خائبي الأمل نوعاً ما». على أي حال، إن معظم الناس، بما فيهم سكان آيوا لم يسمعوا بحفرة مانسون. حتى بالنسبة لعلماء الجيولوجيا،

بالـكاد استحقت الذكر في الحاشية. ولكن مانسون كانـت لمدة وجيزة في الثمانينيات مكان الاصطدام الأكثر إثارة على الصعيد الجيولوجي على وجه البسيطة.

بـدأت القصــة في الخمسينيات حين قــام عالم جيولوجيا شــاب متألق بزيارة إلى حفــرة النيــزك Meteor Crater في أريزونــا. واليــوم تُعدّ حفرة النيــزك أكثر مواقع الاصطدام شهرة على وجه الأرض وموقع مشهور يجذب السواح. في تلك الأيام -على أي حــال- لم يــأتِ إليهــا زوّار كثيرون وكان لا يــزال يُشار إليها باســم حفرة بارنجر بعــد أن ادعــى مهندس ومعدّن ثــري يُدعى دانييل م. بارنجر أنهــا ملك له في 1903. اعتقــد بارنجر أن الحفرة نجمت عن نيزك وزنــه 10 ملايين طن،كان مثقلاً بالنيكل والحديد، وكان واثقاً من أنه سيجني ثروة من التنقيب فيها. دون أن يدري أن النيزك وكل مــا فيه يتبخّــر عند الاصطدام؛ ضيّع ثــروة في ذلك، وفي الســت والعشرين سنة اللاحقة حفر أنفاقاً لم تؤدِ إلى أي شيء.

وبمعايير اليوم، كان البحث في الحُفَر في أوائل التسعينيات شيئاً تافهاً غير متطور، هــذا إذا قلنــا أقــل شيء. وقــام المستكشــف الأول البارز، ج.ك. جلــبرت من جامعة كولومبيــا بتقليد تأثــيرات الاصطدام عبر قذف الرخام في آنيــة من دقيق الشوفان. (ولأسباب لا أستطيع إيرادها قام جبلرت بهذه التجارب ليس في مختبر في كولومبيا وإنمــا في غرفــة فندق). نوعاً ما، استنتج جلبرت من هــذا أن حفر القمر ناجمة عن اصطــدام، وكانت هذه فكرة راديكالية في ذلك الوقت ولكن حُفَر الأرض لم تنتج عن هــذا. ورفض معظم العلماء أن يذهبوا حتى إلى هذا الحد. بالنسبة لهم، كانت حفر القمــر أدلة على براكــين قديمة لا أكثر. وكانت الحفر القليلة التي بقيت واضحة على الأرض (معظمهــا تآكل) تُعــزى عادة إلى علل أخــرى، أو نُظر إليهــا كحالات نادرة حدثت بالمصادفة.

وفي الوقت الذي جاء فيه شوميكر، كانت وجهة النظر السائدة أن الحفر النيزكية ناجمة عن انفجار بخاري تحت الأرض. لم يكن شوميكر يعرف أي شيء عن الانفجارات البخاريــة تحت الأرض لم يستطع أن يعرف؛ لأنهــا لا توجد ولكنه كان يعرف كل شيء عن مناطق الانفجار. كانت إحدى وظائفه خارج الكلية هي دراسة حلقات الانفجار في

مكان الاختبار النووي يوكا فلاتس في نفادا. وقد استنتج -كما فعل بارنجر قبله- أنه ليس هناك أي شيء في الحفرة النيزكية يوحي بنشاط بركاني، وإنما حدث توزيع ضخم لمواد أخرى من قطعٍ شاذةٍ وجميلةٍ من معدن السليكا والأحجار المغنطيسية بشكل رئيس أوحت باصطدام من الفضاء الخارجي. مسحوراً، بدأ يدرس الموضوع في أوقات فراغه.

حين عمل في البداية مع زميلته إلينور هيلين وفيما بعد مع زوجته كارولين، ومساعده ديفد ليفي، بدأ شوميكر مسحاً منهجياً للمنظومة الشمسية الداخلية. كانوا يمضون أسبوعاً كل شهر في مرصد بالومار في كاليفورنية باحثين عن أجرام عن كويكبات خاصة، كانت تحملها مساراتها عبر مدار الأرض.

بعد بضع سنوات قال شوميكر متذكراً في حوار عبر شاشة التلفاز: «في الوقت الذي بدأنا فيه، لم يحدث أن رُصد أكثر من دزينتين من هذه الأجرام في المجرى الكامل للرصد الفلكي». وأضاف: «إن علماء الفلك في القرن العشرين تخلوا بشكل جوهري عن المنظومة الشمسية. فقد وجّهوا انتباههم إلى النجوم، والمجرات».

ما اكتشفه شوميكر وزملاؤه أنه كان هناك المزيد من المجازفة هناك كمية أكبر بكثير مما سبق أن تصور أي شخص.

* * *

إن الكويكبات -كما يعرف معظم الناس- هي أجرام صخرية تدور في تشكيل فضفاض في حزام بين المريخ والمشترى. وتبدو في الرسوم دوماً كأنها توجد في خليط غير منظم، ولكنّ المنظومة الشمسية هي في الواقع مكان متسع، ويبعد الكويكب العادي نحو مليون ونصف كيلومتر عن أقرب جارٍ له. لا أحد يعرف كم عدد الكويكبات التي تندفع عبر الفضاء، ولكن يُعتقد أن العدد على الأرجح ليس أقل من بليون. ويُفترض أنها كوكب لم ينجح في التشكّل أبداً، بسبب الدفع الجاذبي المقلقل لكوكب المشترى، الذي منعها ويمنعها من الاندماج.

حين رُصدت الكويكبات لأول مرة في العقد الأول من القرن التاسع عشر اكتُشف الأول في اليوم الأول من القرن من قبل صقليّ يُدعى جيوسيبي بيازي، اعتقد أنها

كواكب، وسُمِّيَ أول اثنين سيرس وبالاس. وقام عالم الفلك وليم هيرشل باستنتاجات عـدة تفيـد أنها ليست بحجـم الكوكب وإنما أصغـر بكثير. سماها كويكبـات؛ الكلمة اللاتينيـة عـن شبيه النجـم، وكان هذا من قبيل سـوء الحظ قليلاً بمـا أنها لا تشبه النجوم على الإطلاق. وتُدعى الآن أحياناً بشكل أكثر صحة الكويكبات السيّارة.

صـار اكتشاف الكويكبـات نشاطاً شعبيـاً في ثمانينيات القـرن التاسع عشر، وفي نهاية القرن عُرف نحو ألف كويكب. والمشكلة هي أنه لم يكن هنـاك أحد يسجلها بشكل منهجـي. وفي أوائل التسعينيات، كان من المستحيل على الأغلب معرفة إن كان كويكب قد بزغ في مدى النظر جديداً، أو أنه واحد شوهد سابقاً ثم فُقد أثره. في ذلك الوقت، تطورت الفيزياء الفلكية كثيراً بحيث إنّ قلة من علماء الفلك أرادوا أن يكرسوا حياتهم لأي شيء دنيوي ككويكبات صخرية. فقط قلة، وبشكل ملحوظ جيرارد كويبر Gerard Kuiper عالم الفلك الذي ولد في هولندة، الذي سمّي على اسمه حزام كويبر Kuiper belt مـن الشهب، اهتموا بالمجموعة الشمسيـة. وبفضل عمله في مرصد مكدونالد في تكساس، وتبعه فيما بعد عمل قام به الآخرون في ماينور بلانيت سنتر في سينسيناتي ومشـروع مراقبـة الفضاء في أريزونا، تم إعداد قائمة طويلـة من الكويكبات الضائعة تدريجيـاً حتى نهاية القرن العشرين. كان هنـاك كويكـب واحد لم يفسّر، جرمٌ يدعى 719 ألبرت. كانت آخر مرة شوهد فيها هي تشرين الأول 1911، ورُصد أخيراً في عام 2000 بعد أن كان مفقوداً لمدة 89 سنة.

وهكـذا، مـن وجهة نظر بحث الكويكبـات كان القرن العشـرون في جوهره تمريناً طويـلاً في مسـك الحسابـات. وفي الأعوام القليلـة الأخيرة فحسب بـدأ علماء الفلك يحصـون ويراقبـون بقيـة جماعة الكويكبـات. وفي تمـوز 2001، تم تسميـة وتحديد 26000 كويكـب نصفها في العامين الماضيـين فحسب. وبوجود مليون يجب تحديدها، فإن إحصاءها بالكاد قد بدأ.

وبمعنـى ما غير مهـم، إن تحديد كويكـب لا يجعله آمناً. حتى لـو أن كل كويكب في المنظومـة الشمسية كان له اسـم ومدار معروف، لا أحد يستطيـع القول أي اضطراب لا يمكـن أن يقذف أحدها نحونا. لا نستطيع التنبـؤ باضطراب الصخور على سطحنا

الخاص. اجعلوا تلك الصخور طافية في الفضاء وما يمكن أن تفعله لا يمكن تخمينه. إن أي كويكب هناك في الأعلى وضعنا له اسماً من المحتمل جداً ألا يكون له اسم آخر.

فكّروا بمدار الأرض على أنه نوع من طريق سيارة ونحن العربة الوحيدة التي تسير عليه، ولكن يعبره بنحو منتظم عابرون لا يعرفون بما يكفي كي ينظروا قبل أن يسقطوا عن الحافة. إن 90% على الأقل من هؤلاء العابرين غير معروفين لنا. لا نعرف أين يعيشون، وأي أنواع من الساعات يستخدمون، وكيف غالباً يعترضون طريقنا. وكل ما نعرفه هو أنه في نقطة ما، وفي فواصل غير محددة، يندفعون على الطريق الذي نسير عليه بسرعة تتجاوز مئة ألف كيلومتر في الساعة. وكما عبّر عن الأمر ستيفن أوسترو من مخبر جيت بروبلشن: «افترض أن هناك زراً تستطيع الضغط عليه، وتستطيع أن تضيء الكويكبات العابرة للأرض جميعاً بأكثر من نحو عشرة أمتار، فسيكون هناك أكثر من مئة مليون من هذه الأجرام في السماء». باختصار، لن ترى ألفي نجم متلألئ وإنما ملايين فوق ملايين من الأجرام الأقرب التي تتحرك بشكل عشوائي، و«جميعها قادرة على الاصطدام بالأرض، وكلها تتحرك على مسارات مختلفة بشكل ضئيل عبر السماء بسرعات مختلفة. سيكون هذا مثيراً للأعصاب جداً».

اعتُقد بكل ما للكلمة من معنى بالرغم من أن الأمر في الواقع مجرد تخمين يستند إلى التقدير الاستقرائي من نسب التوهّد على القمر، أن نحو ألفي كويكب كبيرة بما يكفي ليعرض الوجود المتحضّر للخطر ويعبر مدارنا بشكل منتظم. ولكن حتى كويكب صغير بحجم منزل، مثلاً يمكن أن يدمّر مدينة. إن عدد هذه الكويكبات الصغيرة النسبية في المدارات التي تعبر الأرض، هو بالتأكيد مئات الألوف ومن المحتمل أن يصل إلى الملايين، ومن المستحيل تقريباً رصدها.

لم يحدد الكويكب الأول حتى 1991، وكان هذا بعد أن عبر. دعي 1991 ب.أ، ولوحظ وهو يعبرنا على بعد 170,000 كيلومتر، بالمصطلحات الكونية ما يكافئ رصاصة تمر عبر كُمِّ شخص دون أن تلمس ذراعه. بعد عامين، أخطأنا كوكب فقط بـ145,000 كيلومتر، وهذا أقرب عبور سُجِّل حتى الآن. وهو أيضاً لم يُشاهد إلى أن

عبر وكان سيصل دون تحذير. وبحسب تيموثي فيريس -الذي كتب في نيويوركر- إن هذا الخطأ القريب يحدث على الأرجح مرتين أو ثلاث مرات أسبوعياً ولا يُلاحظ.

إن جرماً بعرض مئة متر لا يمكن أن يرصده أي تلسكوب على الأرض، حتى يصير على بعد أيام عدة عنا، وهذا يحدث إذا كان التلسكوب مدرباً على رصده، وهذا غير مرجّح؛ لأنه حتى الآن إن عدد الأشخاص في العالم الذين يبحثون بشكل نشيط عن الكويكبات، هم أقل من موظفي مطعم مكدونالد عادي (إنه أعلى الآن نوعاً ما. ولكن ليس كثيراً).

بينما كان جين شوميكر يثير الناس حول الأخطار المحتملة للمنظومة الشمسية الداخلية، حدث تطور آخر غير ذي صلة بشكل كامل في ظاهره في إيطالية في عمل عالم جيولوجيا شاب من مرصد لامونت دوهرتي في جامعة كولومبيا. في أوائل السبعينيات، كان والتر ألفاريز يقوم بعمل ميداني في شِعب جبلي جميل يُدعى بوتاسيوني جورجي Bottaccione Gorge، قرب البلدة الجبلية الأمبرية التي تدعى جوبيو، حين أثارت فضوله طبقة من الطين الأحمر رقيقة تفصل طبقتين قديمتين من الحجر الجيري: واحدة من العصر الطباشيري، والأخرى من العصر الثلثي. وهذه نقطة معروفة في الجيولوجيا باسم حد كي تي، وتحدد زمن اختفاء الديناصورات قبل 65 مليون سنة، مع نصف الأنواع الأخرى من حيوانات العالم فجأة من سجل المستحاثات. تساءل ألفاريز: ما الذي في طبقة رقيقة من الطين، لا تصل سماكتها إلى 6 مليمترات، يمكن أن يفسّر لحظة (درامية) كهذه في تاريخ الأرض؟

كانت الفكرة التقليدية عن انقراض الديناصورات في ذلك الوقت، هي نفسها التي كانت في أيام تشارلز ليل قبل قرن، ومفادها أن الديناصورات انقرضت منذ أكثر من ملايين الأعوام. ولكن رقة طبقة الطين أوحت أنه في أمبريا -إن لم يكن في مكان آخر- حدث شيء مفاجئ. ولسوء الحظ، لم يكن هناك اختبارات في السبعينيات لتحديد «كم استغرق تراكم هذا الترسب».

وفي المجرى العادي للأمور، كان من المؤكد أن ألفاريز سيضطر إلى ترك المسألة عند هذا الحد؛ ولكن لحسن الحظ كانت تجمعه رابطة لا تنفصم مع شخص من

خارج سلكه يستطيع مساعدته، وهو والده لويس. كان لويس ألفاريز عالم ذرة مبرّزاً؛ وقد حصل على جائزة نوبل في الفيزياء في العقد السابق. وقد كان دوماً يزدري بخفة ارتباط ولده بالصخور، ولكن هذه المشكلة سحرته. وخطر له أن الإجابة يمكن أن تكمن في غبار من الفضاء.

كل عام تُراكم الأرض نحو ثلاثين ألف طن من «الأجسام الكروية الكونية» الغبار الفضائي، بلغة أبسط الذي سيكون كثيراً جداً إذا ما جُمع في كومة واحدة، ولكنه يكون متناهي الصغر إذا ما فُرش على الكوكب. وفي هذا الغبار الرقيق تتبعثر عناصر غريبة لا يُعثر عليها عادة كثيراً على الأرض. وبين هذه العناصر هناك عنصر الإريديوم، الذي هو متوافر في الفضاء أكثر بألف مرة من توافره في قشرة الأرض (ويُعتقد أن السبب في ذلك أن معظم الإريديوم في الأرض غاص إلى اللب، حين كان الكوكب فتياً).

عرف لويس ألفاريز أن زميلاً له في مخبر لورنس بيركلي،هو فرانك آسارو، طوّر تقنية تقيس بشكل دقيق جداً المركّب الكيميائي للمواد الطينية عبر عملية تُدعى تحليل تنشيط النيوترون. ويشمل هذا قصف عينات بالنيترونات في مفاعل نووي صغير، وإحصاء أشعة غاما التي تنبعث بدقة؛ كان هذا عملاً صعباً جداً. وقد استخدم آسارو سابقاً التقنية لتحليل قطع فخار، ولكن ألفاريز فكر أنه إذا قاسوا كمية واحد من العناصر الغريبة في عيّنات التربة، التي أحضرها ولده، وقارنوا ذلك بنسبة إيداعها السنوي، فسيعرفون كم استغرق تشكل العينات. وفي ظهيرة أحد أيام شهر تشرين الأول في 1977 زار (لويس) و(والتر ألفاريز) آسارو وطلبا منه أن يجري الاختبارات الضرورية لهما.

كان هذا طلباً وقحاً. كانا يطلبان من آسارو أن يكرس أشهراً؛ كي يقوم بالقياسات المرهقة للعينات الجيولوجية فقط، كي يؤكد ما بدا جلياً بشكل كامل، وهو أن طبقة الطين الرقيقة تشكلت بسرعة كما توحي رقتها. وبالتأكيد لم يتوقع أحد أن يؤدي مسحه إلى أي فتوحات علمية مثيرة.

وتذكّر آسارو في مقابلة أُجريت معه في 2002: «حسناً، كانت مبهجة جداً، ومقنعة جداً. وبدت تحدياً مهماً، وهكذا وافقت على المحاولة. ولسوء الحظ، كان لديّ كثير من العمل الآخر القائم، وهكذا مرّت ثمانية أشهر قبل أن أستطيع البدء». وقال عائداً إلى ملحوظاته المدونة عن تلك المدة: «في 21 حزيران عام 1978، في الساعة الثانية إلا ربعاً بعد الظهر، وضعنا عيّنة في الفاحص. اشتغل لمدة 224 دقيقة وشعرنا أننا نحصل على نتائج مهمة، فأوقفناه وألقينا نظرة.

كانت النتائج غير متوقّعة بحيث إنّ العلماء الثلاثة فكروا في البداية أنهم يجب أن يكونوا مخطئين. كانت كمية الإريديوم في عيّنات ألفاريز أكبر بثلاث مئة مرة من المستويات العادية، وكان هذا يتجاوز توقعاتهم بكثير. وفي الأشهر الآتية عمل آسارو وزميلته هيلين ميشيل ثلاثين ساعة على نحو متواصل («حالما تبدأ لا تستطيع التوقّف، كما قال آسارو) وهما يحللان العيّنات، ودائماً كانا يصلان إلى النتائج نفسها من الدانمرك، وإسبانية، وفرنسة، ونيوزلندة وأنتاركتيكة وتبيّن أن ترسب الإيريديوم كان في كل أنحاء العالم ومرتفعاً بشكل كبير في كل مكان، وأحياناً أكثر بخمس مئة مرة من المستويات العادية. كان من الواضح أن شيئاً ما كبيراً ومفاجئاً؛ وعلى الأرجح جائحة، أنتجت هذا النتوء المعدني.

بعد كثير من التفكير، استنتج ألفاريز وابنه أن الشرح الأكثر تصديقاً لهما على أي حال أن نيزكاً أو كويكباً صدم الأرض.

إن فكرة أن الأرض يمكن أن تكون معرضة لاصطدام مدمر بين مدة وأخرى لم تكن جديدة تماماً كما اقترح الآن. ففي عام 1942، اقترح عالم فيزياء فلكية من جامعة نورثويسترن يدعى رالف ب. بالدوين احتمالاً كهذا في مقال نشره في مجلة ببيولار أسترونومي. (نشر المقالة في هذه المجلة؛ لأنه لم يكن هناك ناشر أكاديمي مستعد لنشرها). وعلى الأقل، قام عالمان مشهوران هما عالم الفلك إرنست أوبك وعالم الكيمياء الحاصل على جائزة نوبل هارولد أوري بإعلان دعمهما للفكرة في أوقات مختلفة. وحتى بين علماء الإحاثة كان هذا معروفاً. وفي 1955 توقع أستاذ في جامعة ولاية أوريغن يدعى م.دبليو. دي لوبنفيلز، الذي كان يكتب في جورنال أوف

باليونتولوجي (مجلة علم الإحاثة)، نظرية ألفاريز حين اقترح أن الديناصورات يمكن أنها تلقت ضربة قاضية باصطدام من الفضاء، وفي عام 1970 اقترح رئيس الجمعية الأميركية لعلم الإحاثة ديوي ج.مكلارين في الاجتماع السنوي للجمعية احتمال أن صدمة من الفضاء الخارجي كانت سبب الحدث الأول، الذي يُعرف باسم الانقراض الفرانزي Frasnian.

وكما لو أن الأمر هو من أجل التشديد على أنه كيف صارت الفكرة غير جديدة في ذلك الوقت، أنتج إستوديو تابع لهوليود في عام 1979 فيلماً بعنوان النيزك (عرضه خمسة أميال... وهو قادم بسرعة 30,000 ميل في الساعة. وما من مكان للاحتماء به!) وكان من بين الممثلين جون فوندا وناتالي وود وكارل مالدن وصخرة كبيرة جداً.

وهكذا حين أعلن ألفاريز ووالده في الأسبوع الأول من عام 1980 –في اجتماع الجمعية الأميركية للتقدم العلمي– اعتقادهما بأن انقراض الديناصورات لم يحدث في مدى ملايين الأعوام كجزء من عملية ما بطيئة لا ترحم، وإنما فجأة، وفي حدث انفجاري واحد، يجب ألا يكون قد سبب هذا صدمة.

ولكن هذا الإعلان سبب صدمة. تم تلقيه في كل مكان؛ ولكن خصوصاً في عالم علم الإحاثة، كهرطقة فاقعة.

قال آسارو: «لا بد أنك تتذكر أننا كنا ناضجين في هذا الميدان. كان والتر عالم جيولوجيا مختصاً في دراسة المغنطيسية القديمة، كان لويس عالم فيزياء وكنت أنا عالم كيمياء نووية. والآن ها نحن نخبر علماء الإحاثة بأننا حللنا مشكلة لم يحلوها طوال قرن. وليس من المفاجئ بشكل كبير أنهم لم يتقبلوا الفكرة على الفور». وكما علّق مازحاً لويس آلفاريز: «لقد قُبض علينا ونحن نمارس علم الجيولوجيا دون رخصة».

ولكن كان هناك أيضاً شيء ما أكثر عمقاً وأكثر بغضاً في نظرية الاصطدام. إن الاعتقاد بأن العمليات الأرضية كانت تدرجية، كان أساسياً في التاريخ الطبيعي منذ زمن ليل. وفي الثمانينيات، كانت نظرية الجوائح خارج المعتاد (الموضة) طويلاً بحيث إنّها صارت غير قابلة للتفكير. وبالنسبة لمعظم علماء الجيولوجيا كانت فكرة الاصطدام الكارثي –كما نوّه يوجين شوميكر– «ضد دينهم العلمي».

لم يساعد أن لويس ألفاريز كان يزدري علناً علماء الإحاثة وإسهاماتهم في المعرفة العلميــة. فقد قال في مقال واخــزٍ نشر في مجلة نيويوركر: «ليســوا في الحقيقة علماء جيدين جداً. إنهم مثل جامعي الطوابع».

وقــام معارضو نظرية ألفاريز بنشر ما يقدرون عليه من الشروح البديلة لترسبات الإيريديــوم، مثلاً قالــوا: إنها تولدت من انفجــارات بركانية مطوّلــة في الهند تُدعى الدكــن الــبركاني Deccan Traps (وأتت كلمة trap من كلمــة سويدية لنوع من أنواع الحمــم البركانيــة، وكلمــة Deccan هي اسم المنطقــة اليوم). وألحــوا قبل كل شيء أنــه لم يكن هناك برهــان على أن الديناصورات اختفت فجــأة من سجل المستحاثات عنــد حد الإريديــوم. وكان أقوى المعارضين هــو تشارلز أوفيسر مــن كلية دارتماوث. ألح علــى أن الإريديوم أُودع بسبب النشاط البركاني حتى عندما كان يسلّم في مقابلة صحفية أنه لا يملك دليلاً فعلياً على ذلك. وفي أواخر 1988، كان نصف علماء الإحاثة الذيــن شملهم مسح يعتقدون أن انقراض الديناصورات لم تكن له علاقة بأي طريقة باصطدام كوكب أو نيزك بالأرض.

كان الشــيء الوحيد الذي سيدعــم بشكل أكثر وضوحاً نظريــة ألفاريز هو الشيء الوحيــد الذي لم يمتلكاه: موقع اصطدام. يظهر يوجــين شوميكر. كان لشوميكر صلة في آيــوا. كانت كنّته تعلّم في جامعة آيوا، وكان يعرف عن حفرة مانسون من دراساته. وبفضله، استدارت الأعين جميعاً إلى آيوا الآن.

* * *

إن علــم الجيولوجيا مهنة تتنوع بين مكان وآخر. ففي آيوا -الولاية المنبسطة ولكن غــير المستوية على مستوى الطبقات- يميل هــذا العلم إلى الهدوء. لا يوجد قمم ألبية أو مجالــد شاحــذة، ولا إيداعات كبيرة مــن النفط أو المعادن الثمينــة، ولا تلميح عن تدفــق فلذي بركاني. إذا كنت عالم جيولوجيا موظفاً لدى ولاية آيوا فإن الجزء الأكبر مــن العمل الذي تقوم به هو تقدير خطط تدبير السماد، ويُطلب من كل «المشتغلين في توليد الحيوانات في الولاية»، ومن مربي الخنازير، وبقيتنا، أن يضبّروها دوريّاً. هناك

15 مليـون خنزير في آيوا، وهكـذا فهناك كثير من السماد للعناية به. أنا لا أسخر من هذا مطلقاً، «إنه عمل حيوي ومهم؛ يبقي مياه آيوا نظيفة. ولكن عملاً كهذا لا يجعلك تلجـأ إلى المراوغـة كي تتجنـب قنابل بركانية مـن الحمم على جبـل بيناتوبو، أو إلى الزحـف فوق الصدوع على جليد غرينلندة؛ بحثاً عن الكوارتز الحامل للحياة. وهكذا نستطيـع أن نتخيل فوران الإثارة التي اجتاحت قسـم المصادر الطبيعيـة في آيوا، حين تركز الانتباه الجيولوجي العالمي في منتصف الثمانينيات على مانسون وحفرتها.

بنيـت قاعة تروبريدج من الآجر الأحمر في بداية القرن في آيوا وتحتوي على قسم علوم الأرض التابع لجامعة آيوا. وفي الطريق إلى الأعلى في نوع من العلية يجلس علماء الجيولوجيـا التابعون لقسم المصادر الطبيعيـة في آيوا. لا أحد يستطيع أن يتذكر الآن متـى، أو لماذا، وُضع علماء الجيولوجيـا في الولاية في منشأة أكاديمية، ولكنك تحصل على انطباع بأنهم قبلوا المكان على مضض، ذلك أن المكاتب ضيّقة ومنخفضة السُّقُف، ومن الصعب الوصـول إليها. وحين يستقبلونك، تكون نصف متوقع بأنهم سيدخلونك إلى عليّة، ويساعدونك على الدخول من نافذة.

يمضـي (ري أندرسون) و(بريان ويتزكي) حياتهمـا العملية هنا وسط أكوام غير مرتبـة مـن الأوراق والمجلات والخرائط المرميـة على الأرض وعينـات أحجار ثقيلة. (إن علمـاء الجيولوجيـا لا يرتبكون أبداً مـن الأثقال التي توضع علـى الأوراق). وفي مـكان كهذا يمكنـك أن تعثر على أي شيء: كرسي إضـافي، وكوب قهوة، وهاتف يرن، وستضطر إلى إزاحة أكوام الوثائق من حولك.

«فجـأة صرنا في مركز الأمور»، أخـبرني أندرسون وهو يتوهج من تذكره للأمر، حـين التقيـت به هو وويتزكـي في مكتبهما في صباح ممطر كريـه في حزيران. «كان وقتاً رائعاً».

سألتـه عن يوجـين شوميكر، الرجل الذي يبـدو كأنه محترم عالميـاً. «كان شخصاً عظيمـاً»، أجـاب ويتزكي دون تـردد: «لولاه لما حـدث شيء من هذا. حتـى بدعم منه، استغـرق حدوث الأمر عامين. إن الحفر عمل مكلف جـداً، كان حفر مسافة قدم يكلف نحو 35 دولاراً آنذاك، أما الآن فيكلف أكثر، وكان علينا أن نحفر ثلاثة آلاف قدم».

أضاف أندرسون: «وأحياناً أكثر من هذا».

ووافقه ويتزكي: «وأحياناً أكثر من هذا. وفي مواقع مختلفة. وهكذا فأنت تتحدث عن كثير من النقود. وبالتأكيد أكثر مما تسمح به ميزانيتنا».

وهكذا تم تعاون بين قسم المسح الجيولوجي في آيوا والمسح الجيولوجي الأمريكي.

قال أندرسون بابتسامة مؤلمة: «على الأقل اعتقدنا أنه تعاون».

وتابع ويتزكي: «لقد كان منحنى تعليمياً حقيقياً لنا. كان هناك في الواقع كثير من العلم الرديء في أثناء تلك المدة. كان الناس يتسرعون في الوصول إلى نتائج لم تصمد دوماً أمام الفحص». حصلت إحدى هذه اللحظات في الاجتماع السنوي لاتحاد الجيوفيزيائيين الأميركيين في 1985، حين أعلن غلين إزيت وسي.ل.بلمور من المسح الجيولوجي الأميركي أن حفرة مانسون كانت في العصر المناسب ولها علاقة بانقراض الديناصورات. جذب الإعلان انتباه الصحافة ولكنه كان قبل أوانه لسوء الحظ. وكشف فحص أكثر دقة للمعطيات أن مانسون لم تكن حديثة العهد، وإنما عمرها عشرة ملايين عام.

علم أندرسون وويتزكي أول مرة بهذه النكسة التي حلت بمهنتهما حين وصلا إلى مؤتمر في ساوث داكوتا، ووجدا الأشخاص ينظرون إليهما بشفقة ويقولون: «سمعنا أنكما فقدتما حفرتكما». ووصلت إليهما أنباء بأن إزيت وعلماء آخرين من المسح الجيولوجي الأميركي أعلنوا لتوهم أرقاماً تكشف أن مانسون لا يمكن أن تكون حفرة الانقراض.

قال أندرسون متذكراً: «كان هذا مذهلاً. أعني كان لدينا هذا الشيء الذي كان في الواقع بالغ الأهمية وفجأة فقدناه. والأسوأ من ذلك هو اكتشافنا أن الأشخاص، الذين اعتقدنا أننا كنا نتعاون معهم لم يزعجوا أنفسهم بإطلاعنا على مكتشفاتهم الجديدة».

«لماذا لم يفعلوا؟»

هز كتفيه. «من يعرف؟ على أي حال، كشف هذا جيداً كيف يمكن أن يصبح العلم فاقداً للجاذبية حين تلعب على مستوى معيّن».

انتقل البحث إلى مكان آخر. وبالمصادفة، التقى الباحث آلن هلدبراند من جامعة آريزونا في عام 1990 بصحفي من صحيفة هوستون كرونيكل صادف أنه كان يعرف عن تشكّل حفرة كبيرة غير مشروحة، عرضها 193 كيلومتراً وعمقها 48 كيلومتراً تحت شبه جزيرة يوكاتان في تشيكسولوب بمكسيكو قرب مدينة بروجريسو، تبعد إلى الجنوب وبخط مستقيم 950 كيلومتراً عن نيو أورليانز. عثرت على الحفرة (بيمكس)؛ شركة النفط المكسيكية، في 1952، العام الذي زار فيه شوميكر، بالمصادفة، وأول مرة حفرة النيزك في أريزونا، ولكن علماء الجيولوجيا في الشركة استنتجوا أنها بركانية، متماشين مع التفكير السائد آنذاك. سافر هلدبراند إلى الموقع وقرّر بسرعة أنهم حصلوا على حفرتهم. وفي أوائل 1991 بُرهن بطريقة أرضت الجميع تقريباً أن تشيكسولوب حفرة ناجمة عن اصطدام.

لم يستوعب كثيرون ما يمكن أن يفعله الاصطدام. وكما قال ستيفن جي جولد في أحد مقالاته: «أتذكر أنني كنت أحتفظ ببعض الشكوك الأولية القوية عن فاعلية حدث كهذا... لماذا يسبّب جرم عرضه ستة أميال دماراً كهذا في كوكب يبلغ قطر دائرته ثمانية آلاف ميل؟».

حدث اختبار للنظرية طبيعي وملائم على الفور بعد أن اكتشف آلان شوميكر وليفي نيزك شوميكر- ليفي 9. و للمرة الأولى، سيكون البشر قادرين على أن يشهدوا اصطداماً كونياً، وبفضل تلسكوب هبل الفضائي الجديد. وتوقع معظم علماء الفلك القليل كما أفاد كورتيس بيبلز، وخصوصاً بما أن النيزك لم يكن كرة متناغمة وإنما خيطاً من إحدى وعشرين قطعة. وكتب مرة: «أشعر أن المشترى سيبتلع تلك النيازك دون أن يتجشأ». وقبل أسبوع من الاصطدام نشرت مجلة نيتشر مقالاً بعنوان «الإخفاق الكبير قادم»، تنبأ بأن الاصطدام لن يسبب أي شيء سوى مطر من الشهب.

بدأت الاصطدامات في 16 تموز 1994، تواصلت لأسبوع وكانت أكبر بكثير مما توقع أي شخص باستثناء جين شوميكر. ذلك أن قطعة واحدة سُمِّيَت النواة ج ضربت بقوة ستة ملايين ميغا طن، وكانت أقوى بخمس وسبعين مرة من الأسلحة النووية الموجودة في العالم. كانت النواة ج بحجم جبل صغير فحسب، ولكنها سببت جراحاً

في سطح المشترى بحجم الكوكب الأرضي. كانت هذه هي الضربة الأخيرة لنقاد نظرية ألفاريز.

لم يعرف لويس ألفاريز أبداً عن اكتشاف حفرة تشيكسولوب أو نيزك شوميكر ليفي، بما أنه توفي في 1988. توفي شوميكر باكراً أيضاً. في الذكرى الثالثة لاصطدام المشترى، كان هو وزوجته في المنطقة الريفية من أسترالية، حيث كانا يذهبان كل عام بحثاً عن مواقع الاصطدام. وعلى مسار متسخ في صحراء تانامانى أحد أكثر الأمكنة فراغاً في العالم، سارا فوق مرتفع بسيط فيما كانت سيارة أخرى تقترب. قتل شوميكر على الفور، وتأذت زوجته. أُرسل بعض رماده إلى القمر على متن المركبة الفضائية ليونار بروسبكتور. ونُثر ما تبقى حول حفرة النيزك.

*   *   *

لم يعد أندرسون وويتزكي يملكان الحفرة التي قتلت الديناصورات «ولكن لا يزال لدينا حفرة الاصطدام الأكبر والمحفوظة بشكل تام في البر الرئيس للولايات المتحدة»، كما قال أندرسون. (ثمة حاجة إلى براعة لغوية للحفاظ على وضع مانسون المغالى فيه). (إن الحفر الأخرى أكبر على ما يبدو، خليج تشيسابيك، الذي عرف بأنه موقع اصطدام في 1994 ولكنها ليست على مبعدة من الشاطئ أو مشوهة). وأضاف أندرسون: «تشيكسولوب مدفونة تحت كيلومترين أو ثلاثة من الحجر الجيري ومعظمها على مبعدة من الشاطئ، مما يجعل من الصعب دراستها. بينما مانسون في متناول اليد. وبالفعل هي غير مخرّبة نسبياً؛ لأنها مدفونة».

سألته إن كنا سنتلقّى إنذاراً إذا اندفعت صخرة مشابهة نحونا اليوم. أجاب أندرسون بمرح: «آه، ربما لا شيء. لن تكون مرئية للعين المجردة إلى أن تسخن ولن يحدث هذا إلى أن تضرب الغلاف الجوي، وسيحدث هذا في ثانية واحدة قبل أن تضرب الأرض. أنت تتحدث عن شيء يتحرك بسرعة أكبر من أسرع طلقة بعشرات المرات. إلا إذا شاهدها أحد ما بالتلسكوب، وهذا غير مؤكد، إنها ستباغتنا.

تعتمد قوة اصطدام الجسم الصادم على متغيرات كثيرة مثل زاوية الدخول والسرعة والمسار، وعلى إنْ كان الاصطدام مباشراً أو من زاوية، وكتلة وكثافة الجسم

الصادم، وبين أمور أخرى كثيرة. ولا نستطيع أن نعرف كثيراً منها لملايين من السنين بعد حدوثها. ولكن ما يستطيع العلماء القيام به وما فعله أندرسون وويتزكي هو قياس موقع الاصطدام وحساب كمية الطاقة الناجمة التي يطلقها. يستطيعان أن يستنتجا من هذا مشاهد معقولة عن: كيف ينبغي أن يكون الاصطدام، أو بشكل مخيف أكثر، كيف سيكون إذا حدث الآن.

إن كويكباً أو نيزكاً يسافر بسرعات كونية سيدخل المجال الجوي للأرض بسرعة، بحيث إنّ الهواء الذي تحته يزاح من الطريق ويُضغط، كما في مضخة دراجة. إن أي شخص استخدم مضخة كهذه يعرف أن الهواء المضغوط يسخن بسرعة، والحرارة تحته ترتفع إلى 60,000 كلفين (وحدة الحرارة المطلقة)، أو أكثر من حرارة سطح الشمس بعشر مرات. في لحظة وصوله إلى جوّنا، فإن كل شيء في طريق النيزك الناس والمنازل والمعامل والسيارات سيتغضّن ويتلاشى كالسلوفان في اللهب.

بعد ثانية من دخول الجو سيضرب النيزك سطح الأرض حيث كان سكان مانسون قبل لحظة يخرجون إلى أعمالهم. وسيتبخر النيزك نفسه على الفور ولكن الانفجار سيشمل 1000 كيلومتر مكعب من الصخر والتربة والغازات المسخنة بشكل كبير. وكل ما هو حي على مدى 250 كيلومتراً لم تقتله حرارة الدخول سيقتله الانفجار. وسيكون الإشعاع المندفع إلى الأمام بسرعة الضوء تقريباً الموجة الصادمة الأولى، التي تكنس كل ما يعترض طريقها.

أما بالنسبة لأولئك الذين يكونون خارج منطقة الدمار الفوري، فإن إشارة الكارثة الأولى ستكون وميض نور يعمي البصر أكثر تألقاً مما سبق وشوهد، يتبعه بعد دقيقة أو دقيقتين مشهد كارثي غير قابل للتصور: جدار مهتاج من الظلمة يرتفع إلى أعالي السماء، ويملأ حقل النظر ويسافر بسرعة آلاف الكيلومترات في الساعة. سيكون اقترابه خفياً وصامتاً بما أنه ينطلق بسرعة تتجاوز سرعة الصوت بكثير. إن أي شخص في بناء مرتفع في أوماها أو دي موا De Moines يصادف أنه ينظر في الجهة الصحيحة، سيشاهد حجاباً محيّراً من الاضطراب يتبعه نسيان فوري.

في غضـون دقائـق، وفوق منطقة تمتد مـن دنفر إلى دترويت وتشمـل ما كان مرة شيكاغـو وسينت لويس وكانساس سيتي وتوين سيتيز الغـرب الأوسط كله، باختصار فـإن كل شيء منتصب تقريباً ستبسطه النار، وسيهلك كل ما هو حي. الذين على بعد 1500 كيلومتر ستُبتر أقدامهم أو يقطعون أو يُسحقون بطوفان من القذائف المتطايرة. ولكن الدمار سيتوقف بعد 1500 كيلومتر تدريجياً.

هذه هي موجة الصدمة الأولى فحسب. لا أحد يستطيع أن يفعل أي شيء سوى تخمين الضـرر المرافق، الذي سيكون سريعـاً وعالمياً. ومن المؤكد أن الاصطدام سيطلق سلسلة من الزلازل المدمرة. ستبدأ براكين الكرة الأرضية بالعمل وإطلاق الحمم. سترتفع أمواج تسونامـي عديدة وتنطلق لتدمير الشواطئ البعيدة. وفي غضون ساعة، ستغطي سحابة سـوداء الأرض وستُقذف الصخور المشتعلة والحطـام في كل مكان مشعلة الكوكب. قُدّر أن بليـون ونصف إنسان على الأقل سيموتون في نهاية اليوم الأول. أما الأضرار الكبيرة التـي ستلحق بالغلاف الأيوني (الأيونوسفير) فستدمر أجهزة الاتصالات في كل مكان، وهكذا فإن الناجين لن يمتلكوا فكرة عما يحدث أو إلى أين يلجؤون. بالكاد سيكون هذا مهمـاً. وعبّر أحد المعلقين على الأمر قائلاً: «إن الهـرب سيعني اختيار موت بطيء بدلاً مـن موت سريـع. إن عدد الوفيات لـن يتأثر عبر بذل جهد لتغيير المـكان، بما أن قدرة الأرض على دعم الحياة سوف تضعف على مستوى الكون».

إن كميـة السخام والرماد المتطايـرة من الاصطدام والنـيران اللاحقة ستحجب الشمـس لشهـور، وربما لسنوات، مدمـرة دورات النمو. وفي 2001 حلـل الباحثون في مؤسسـة كاليفورنيـا للتكنولوجيا نظائر الهليـوم من رسابة خلّفهـا اصطدام كي تي، واستنتجـوا أن الاصطـدام أثّر على منـاخ الأرض لنحو عشرة آلاف عـام. واستُخدم هـذا دليـلاً لدعم فكرة أن انقراضـ الديناصورات كان سريعاً ومؤكـداً، وهكذا كان، بالمصطلحـات الجيولوجية. ولا نستطيع سوى أن نخمّن كيف ستتعامل البشرية جيداً، أو إن كانت البشرية ستقدر على التعامل مع حدث كهذا.

وفي النهاية، تذكروا أن هذا يأتي دون تحذير من السماء.

ولكـن لنفترض أننـا لم نرَ الجرم قادمـاً، فما الذي سنفعله؟ يفترضـ الجميع أننا سنستخـدم رأساً نووياً ونفجر الجـرم إلى شظايا. لكن ثمة بعض المشكلات التي تواجه هـذه الفكـرة. أولاً -كما ينوّه جـون س.لويس- إن صواريخنا ليسـت مصممة للعمل في الفضـاء، لا تمتلك القـدرة على الهرب من الجاذبية الأرضية، حتى لو فعلت ذلك فإنها لا تمتلـك آليـات كي تقود نفسها عبر عشرات الملايين مـن الكيلومترات في الفضاء. ولا نستطيـع أيضـاً أن نرسـل مركبة فضائية محملـة برعاة البقر؛ كي يقومـوا بالعمل من أجلنـا، كما في فيلـم «الأرمجدون»، ولا نملك حتى الآن صاروخـاً قوياً بما يكفي لإرسال البشـر إلى القمر. إن الصاروخ الذي يستطيع ذلك، ساترن 5، استقال منذ سنوات ولم يُستبـدل أبداً. ولا نستطيع أن نبني بسرعة واحداً جديداً؛ لأنه -وبشكل مفاجئ- دُمرت الخطط من أجل قاذفات ساترن بوصفها جزءاً من تمرين التنظيف الربيعي في ناسا.

حتـى لو نجحنـا في الحصول على رأس نـووي وفجّرنا الكويكـب إلى شظايا فإننا سنحوّلـه إلى خيط من الصخور التي ستصطـدم بنا واحدة بعد أخرى، كما اصطدم النيـزك شوميكر ليفي بالمشترى. ولكن الفرق هـو أن الصخور ستكون الآن إشعاعية. ويعتقد توم جيهريلز، صياد الكويكبات في جامعة آريزونا أنه حتى تحذير قبل سنة لن يكون كافياً للقيام بالعمل الملائم. فمن المحبذ أننا لن نرى أي جرم أو حتى نيزك إلى أن يكون على بعد ستة أشهر، وسيكون هذا متأخراً جداً. لقد كان نيزك شوميكر ليفي 9 يـدور حـول المشترى بطريقة جلية منذ 1929، ولكن مر أكثر من نصف قرن قبل أن يلاحظ أحد هذا.

ولأنـه مـن الصعب جـداً حساب أمـور كهذه وتتضمـن مهمش خطأ كبـيراً، فإننا حتـى لو عرفنا أن جرمـاً يتجه نحونا فإننا لن نعرف إلى النهاية تقريباً في الأسبوعين الأخيريـن، على أي حـال فيمـا إذا كان الاصطدام مؤكداً، ففـي معظم وقت اقتراب الجرم سنعيش في نوع من عدم اليقين. ستكون بالتأكيد أكثر الأشهر القليلة أهمية في التاريخ. وتخيلوا الحفلة إن مر بأمان.

سألت أندرسون وويتزكي قبل أن أغادر: «كم مرة يحدث اصطدام مماثل لمانسون؟

أجاب ويتزكي: «مرة في كل مليون عام».

أضاف أندرسون: «تذكّر. هذا حدث ثانوي نسبياً. هل تعرف كم عدد الانقراضات المرتبطة باصطدام مانسون؟

أجبت: «كلا».

قال أندرسون بجو غريب من الرضى: «لا شيء. ولا واحد».

أضاف أندرسون وويتزكي بسرعة وتقريباً معاً أنه سيحدث دمار كبير ومروع عبر كثير من أجزاء الأرض - كما وصفتُ لتوي- ودمار كامل لمئات الأميال ولكن الحياة قوية، وحين انجلى الدخان كان هناك ما يكفي من الناجين المحظوظين من الأنواع جميعها، بحيث لم يهلك أي منها بشكل كامل.

إن الأنباء الطيبة -على ما يبدو- هي أن الأمر يستغرق طويلاً للقضاء على الأنواع. والأنباء السيئة هي أنه لا يمكن الاعتماد على الأخبار الجيدة أبداً. والأسوأ من ذلك أيضاً، ليس من الضروري النظر إلى الفضاء من أجل الخطر الصاعق. وكما سنرى بعد قليل، إن الأرض يمكن أن تضع كثيراً من الأخطار الخاصة بها.



الفصل الرابع عشر

النار في الباطن

في صيف 1971، كان عالم جيولوجيا شاب يُدعى مايك فورهايس Mike Voorhies يستطلع في مزرعة عشبية في شرق نبراسكة، قريبة من بلدة أورشارد الصغيرة التي ترعرع فيها. وفيما كان يمرّ في أخدود مرتفع الجانبين اكتشف وميضاً مثيراً للفضول في الدغل، الذي في الأعلى فتسلق ليلقي نظرة. ما عثر عليه هو جمجمة كركدن صغير محفوظة بالكامل، غسلتها الأمطار الغزيرة التي سقطت أخيراً.

ووراء ذلك ببضع ياردات، ظهر أحد أهم أحواض المستحاثات الذي سبق واكتُشف في أمريكة الشمالية: حفرة جافة كانت قبراً جماعياً لأعداد كبيرة من الحيوانات: كالكركدنات، وأحصنة تشبه الحمار الوحشي، وغزلان مسيّفة الأنياب، وجمال وسلاحف انقرضت كلها بسبب كارثة غامضة ما منذ أقل من 12 مليون عام في الوقت الذي تسمّيه الجيولوجيا العصر الميوسيني (العصر الحديث الأوسط). كانت نبراسكة تقع في تلك الأيام في سهل شاسع حار يشبه كثيراً سهل سيرينغيتي اليوم في إفريقية. عُثر على الحيوانات مدفونة تحت رماد بركاني يصل عمقه إلى 3 أمتار. وكان الأمر المحيّر في المسألة أنه لم يكن هناك أبداً براكين في نبراسكة.

واليوم، يُدعى موقع فورهايس حديقة آشفول فوسيل بيدس ستيت بارك، التي تحتوي على مركز جديد للزوار أنيق وعلى متحف، وعروض مروّى فيها عن جيولوجيا نبراسكة وتاريخ أحواض المستحاثات. ويحتوي المركز على مختبر له جدران زجاجية يرى عبرها الزوار علماء الإحاثة، وهم منهمكون في تنظيف العظام. ومرة رأيت في المختبر في صباح أحد الأيام شخصاً مرحاً يرتدي قميص عمله الأزرق عرفت أنه مايك فورهايس من حضور فيلم وثائقي أعده برنامج البي بي سي، هورايزون، شارك هو فيه. لا يأتي عدد كبير من الزوّار إلى حديقة آشفيل؛ ذلك أنها تقع في مكان بعيد.

وبدا فورهايس مسروراً برفقتي وإطلاعي على المكان. أخذني إلى البقعة التي تقع فوق وهد يبلغ ارتفاعه 6 أمتار، حيث قام باكتشافه.

قـال بسعادة: «كان هذا مكاناً لا يصلح للبحـث عن العظام. ولكنني لم أكن أبحث عنهـا. كنـت أفكر بوضع خريطـة جيولوجية لشرق نبراسكة في ذلـك الوقت، والواقع أننـي كنـت أنظر حولي فحسب. ولو لم أصعد هذا المرتفـع، ولو لم تغسل الأمطار هذه الجمجمـة، لما كنت مررت من هنا أبـداً وعثرتُ على هذا». أشار إلى حيّز له سقف في الجـوار، صار مركز التنقيب الرئيس. هناك، عُثر على نحو 200 حيوان تستلقي سوية بغير انتظام.

سألتـه: لمـاذا لا يصلح هذا المكان للبحـث عن عظام؟ قـال: «إذا كنت تبحث عن العظـام فأنت تحتاج في الواقع إلى صخور مكشوفـة. لهذا السبب يتم علم الإحاثة في المناطق الجافة والحارة. هذا لا يعني أن هناك عظاماً أكثر. وإنما فقط لديك فرصة مـا لتحديـد وجودها. ففي خلفيـة كهذه قام بإيمـاءة شاملة عبر المـرج الشاسع غير المتنوع لن تعرف أين تبدأ. يمكن أن تكون هنـاك مادة رائعة، ولكن ليس هنـاك مفاتيح على السطح تدّلك أين تبدأ».

اعتقـدوا في البدايـة أن الحيوانـات دُفنـت حيّة وقـال فورهايس الأمـر نفسه في مقـال نشـره في مجلـة ناشيونـال جيوغرافيـك في 1981. قـال لي: «لقد دعـا المقال الموقـع» بومبيي* الحيوانات مـا قبل التاريخ، ولكن لسوء الحـظ اكتشفنا فيما بعد أن الحيوانـات لم تنقرض فجأة. كانـت كلها تعاني من شيء ما دُعـي تضخم الأعضاء، وهـذا ما يُصاب به المرء إذا استنشق كثيراً من الرماد الخشن، ولا بد أنها استنشقت كثـيراً؛ لأن الرماد كان بسماكة قدم لمئات الأميال». التقط قطعة من التراب الرمادي الذي يشبه الطين وفتّته في يده. كان مسحوقاً ناعماً لكنه رملي قليلاً. تابع قائلاً: «إنها مـادة تضرّ بالتنفّس؛ لأنها ناعمة جداً ولكنها حـادة. وعلى أي حال جاءت الحيوانات إلى هنـا إلى مكان الشرب هذا، باحثة عـن الراحة كما هو مفترض، وانقرضت بنحو

* مدينة قديمة في الجزء الجنوبي الغربي من إيطالية. دُفنت تحت حمم بركان فيزوف عام 79 للميلاد. المترجم.

بائس. لا بد أن الرماد دمّر كل شيء ودفن العشب وغطى الأوراق جميعاً وحوّل الماء إلى طين رمادي غير صالح للشرب. لا يمكن أن يكون سائغاً على الإطلاق».

اقترح الفيلم الوثائقي لبرنامج هورايزون أن وجود كثير من الرماد في نبراسكة كان مفاجأة. والواقع أن إيداعات الرماد الضخمة في نبراسكة عُرفت لوقت طويل، فقد كانت تُعدّن طوال قرن لصناعة مساحيق تنظيف منزلية مثل كوميت وأجاكس. ولكن -وهذا ما يثير الفضول- لم يفكر أحد أبداً أو يتساءل من أين أتى هذا الرماد كله.

قال فورهايس وهو يبتسم ابتسامة وجيزة: «أنا محرج من إخبارك أنني فكرت في البداية في هذا الأمر وهذا حين سألني محرر في مجلة ناشنال جيوغرافيك عن مصدر كل هذا الرماد، وعليّ أن أعترف أنني لم أعرف. ولم يعرف أحد».

أرسل فورهايس عيّنات إلى زملاء في أنحاء الولايات المتحدة الغربية كلها وسألهم إن كانوا يعرفون أي شيء عن هذا. بعد أشهر عدة اتصل به عالم جيولوجيا من المسح الجيولوجي في إداهو، يُدعى بيل بونيتشيسن وأخبره أن الرماد يطابق رواسب بركانية في مكان يُدعى برونو جاربيدج في جنوب غرب إداهو. كان الحدث الذي قتل حيوانات السهول في نبراسكة هو انفجار بركاني بوزن لم يشهد من قبل، ولكنه كان ضخماً بما يكفي كي يترك طبقة رماد عمقها ثلاثة أمتار على بعد 1600 كيلومتر بعيداً في شرق نبراسكة. وتبيّن أنه كان هناك تحت الولايات المتحدة الغربية مرجل ضخم من الماغما؛ بقعة بركانية حارة عملاقة، ينفجر بشكل كارثي كل ست مئة ألف سنة أو ما يقارب ذلك. وحدث آخر انفجار منذ أكثر من ست مئة ألف سنة. لا تزال البقعة الحارة هناك. وفي هذه الأيام نسميها حديقة يلوستون ناشنال بارك.

ومن المدهش أننا لا نعرف سوى قليل عما يحدث تحت أقدامنا. إنه لمن المدهش أننا كنا نعرف أن شركة فورد كانت تصنع السيارات، ولجان نوبل تمنح جائزة نوبل قبل أن نعرف أن للأرض لبّاً. كانت فكرة أن القارات تنجرف على السطح كورقات النيلوفر الطافية حكمة شائعة لأقل من جيل بكثير. وكتب رتشارد فينمان: «والغريب كما يبدو أننا نفهم توزع المادة في داخل الشمس أفضل بكثير من فهمنا لباطن الأرض».

إن المسافـة مـن سطح الأرض إلى وسطها هـي 6,370 كيلومترات، وهـذا ليس بعيداً جـداً. وقد حُسب أنك إذا نزلت في بئـر إلى المركز وأسقطت آجرة فيه لن تستغرق إلا 45 دقيقة كي تضرب القاع (بالرغم من أنه عند تلك النقطة ستكون بلا وزن؛ لأن كل جاذبية الأرض ستكـون فوقها وحولها وليس تحتها). إن محاولاتنـا للاختراق نحو الوسط كانت متواضعـة بالفعل. إن منجمـاً أو منجمين إفريقيين للذهب يصـلان إلى عمق أكثر من 3 كيلومترات، ولكن معظم المناجم على الأرض لا يبلغ عمقها أكثر من 400 متر تحت سطح الأرض. لو كان الكوكب تفاحة، لما كنا قد اخترقنا القشر بعد. والواقع أننا لم نقترب.

وقبـل أقل مـن قرن بقليـل في الماضي، لم تكن معرفـة أفضل العقـول العلمية عن باطـن الأرض تتعدى ما يعرفه معدّن فحم حجري، وأعني أنكم تستطيعون أن تحفروا عـبر التربة لمسافـة، ثم تصطدمـوا بالصخر، وهذا هـو الأمر. ثـم، في عام 1906، وفيمـا كان عالم جيولوجيا أيرلندي يدعـى ر.د. أولدمهم يفحص بعض القراءات في سيزموغـراف عـن زلزال في غواتيمالا، لاحـظ أن أمواج صدمـة معيّنة اخترقت إلى نقطـة عميقـة داخل الأرض، ثم قفـزت في زاوية، وكأنها واجهت حاجـزاً ما. استنتج مـن هذا أن للأرضـ لبّاً. وبعد ثلاث سنـوات، كان عالم زلازل كرواتـي يدعى أندريا موهوروفيسيتشـ Andrija Mohorovicic يدرس رسوماً من زلزال حدث في زغرب، حـين لاحظ انحرافاً غريبـاً مشابهاً، ولكن على مستوى أقـل عمقاً. اكتشف الحد بين القشرة والطبقة التي تحتها مباشرة، التي هي الدثار؛ وعُرفت هذه المنطقة منذ ذلك الوقت باسم انقطاع موهوروفيسيتش*، أو موهو من أجل الاختصار.

بدأنـا نحصـل على فكرة مبهمة عن باطن الأرض المؤلـف من طبقات بالرغم من أنه في الواقـع غامض. وفي 1936 اكتشف عالم دانماركـي يدعى إنج ليهمان Inge Lehman –وفيما كان يدرس مرجافات الزلازل في نيوزلندة– أن هناك لبيّن: لبّاً داخلياً، نعتقد الآن أنه صلب، ولبّاً خارجياً (الذي اكتشفه أولدمهم)، يُعتقد أنه سائل ومركز المغناطيسية.

وفي الوقـت الذي كان فيه ليهمان يصقل فهمنا الأساسي لباطن الأرض من خلال دراسة الموجات الارتجافية للزلازل، كان عالما جيولوجيا في كالتيك بكاليفورنيا يبتكران

* انقطاع زلزالي يفصل قشرة الأرض عن الوشاح الذي تحتها. المترجم.

طريقة للقيام بالمقارنات بين زلزال والذي يليه. كانا تشارلز ريختر وبينو غتنبيرغ، بالرغم من أنه لأسباب لا علاقة لها بالعدل صار المقياس يُعرف باسم ريختر وحده. (ولم تكن المسألة تتعلق أيضاً بريختر. كان شخصاً رزيناً، لم يشر أبداً إلى المقياس باسمه، ولكنه دعاه دوماً مقياس الكِبر).

فُهم مقياس ريختر دائماً وعلى نطاق واسع بشكل خاطئ من قبل غير العلماء، بالرغم من أن الأمر أقل الآن من أيامه الأولى حين كان الزوار إلى مكتب ريختر يطلبون مشاهدة مقياسه المحتفى به، معتقدين أنه آلة ما. إن المقياس، بالطبع، هو فكرة أكثر مما هو شيء، مقياس اعتباطي لارتجافات الأرض يستند إلى قياسات سطحية. إنه يرتفع أُسّياً، بحيث إنّ زلزالاً بقوة 7.3 أقوى بخمسين مرة من زلزال بقوة 6.3 وأقوى بـ 2500 مرة من زلزال بقوة 5.3.

لا يوجد حد أعلى للزلزال ولا حد أدنى -نظرياً- على الأقل. إن المقياس هو قياس بسيط للقوة، ولكنه لا يقول أي شيء عن الضرر. إن زلزالاً بقوة 7 يحدث عميقاً في الدثار مثلاً على عمق 650 كيلومتراً في الأسفل يمكن ألا يسبب أي أذى على السطح مطلقاً، ولكن واحداً أقل يحدث على عمق 6 أو 7 كيلومترات تحت السطح يمكن أن يسبب دماراً واسع الانتشار. ويعتمد كثيرٌ، أيضاً على طبيعة طبقة الأرض الواقعة تحت التربة مباشرة، وعلى مدة الزلزال، وتواتر وحدة الهزات الارتدادية، والخلفية المادية للمنطقة المستهدفة. إن كل هذا يعني أن أكثر الزلازل إثارة للخوف ليست بالضرورة الأكثر قوة، بالرغم من أنه يُحسب حساب القوة كثيراً.

كان أقوى زلزال حدث منذ اختراع المقياس (هذا يعتمد على أي مصدر تعتمدون) إما ذلك الذي حدث في برنس وليم ساوند في ألاسكة في آذار 1964 الذي كانت قوته 9.2 على مقياس ريختر، أو الذي حدث في المحيط الهادي بعيداً عن ساحل تشيلي في 1960، الذي سجل في البداية بـ 8.6 ثم قالت بعض المراجع فيما بعد: إنه (بما فيه المسح الجيولوجي الأميركي) 9.5. وكما ستستنتجون من هذا، إن قياس الزلازل ليس علماً دقيقاً دوماً، وخصوصاً حين يشمل تفسير قراءات من أمكنة بعيدة. على أي حال، كان الزلزالان هائلين. فزلزال 1960 لم يسبب دماراً واسعاً على ساحل

أمريكـة الجنوبية فحسب، وإنما أطلـق تسونامي عملاقاً تدحرج عشرة آلاف كيلومتر عـبر المحيـط الهادي، وغمر كثيراً من مركز مدينة هيلـو في هاواي مدمراً خمس مئة منــزل وقاتلاً سـتـين شخصاً. وقامت موجات عملاقة أخـرى مشابهة بقتل المزيد من الناس في مناطق بعيدة كاليابان والفلبين.

أمــا الزلـزال الــذي سبب دماراً هائلاً لم يكن له مثيـل في التاريخ المدوّن كان ذاك الذي ضرب لشبونة والبرتغال ومزقهما إرباً في عيد جميع القديسين (تشرين الأول)، 1755. قبل العاشرة صباحاً، ضرب المدينة زلزال جانبي تُقدر قوته الآن بـ 9.0 واهتز بوحشيـة مـدة سبع دقائق كاملـة. كانت القـوة التشنّجية كبيرة جداً بحيـث إنّ المياه تراجعـت من مرفأ المدينــة، وعادت في موجة بلغ ارتفاعها أكـثر من 15 متراً، مسببة دمــاراً إضافياً. وحين توقفت الحركة أخـيراً، تمتع النـاجون بثلاث دقائق من الهدوء، ثـم جاءت الهــزة الثانية، وكانت أقل حــدة بقليل من الأولى. وتبعتهمــا صدمة نهائية بعـد ساعتين. وفي نهاية كل هذا، قُتـل ستون ألف شخص ودُمرت الأبنية جميعها على مسافـة أميال. وبالمقارنة، قُـدّر زلزال سان فرانسيسكو الذي حـدث في 1906 بـ 7.8 على مقياس ريختر واستمر أقل من ثلاثين ثانية.

إن الــزلازل شائعة. ففي كل يـوم تقريباً يحدث في مكان ما في العالم زلزالان بقوة 2.0 أو أكـثر، وهــذا يكفي كي يسبـب لكل من هو قريب صدمة قويـة. وبالرغم من أن الــزلازل تميل إلى التجمّع في أمكنة معيّنة وبشـكل ملحوظ حول حافة المحيط الهادئ فإنهــا يمكن أن تحصل في أي مكان تقريباً. ففي الولايات المتحدة، في فلوريدة، وشرق تكسـاس والغرب الأوسط الأعلى فقط يبدون حتى الآن محصنين بشكل كامل. حصل في نيوإنجلانـد زلزالان بقوة 6.0 على مقياس ريخـتر في الأعوام المئتين الماضية. وفي نيسان 2002 ضرب المنطقة زلزال بقوة 5.1 قرب بحيرة شامبلين على حدود نيويورك وفيرمونـت، مسبباً دمــاراً محلياً واسعاً و (أستطيع أن أشهـد) أنه أنزل اللوحات عن الجدران والأطفال عن الأسِرَّة في منطقة بعيدة مثل نيو مهمبشير.

إن أكـثر الأنمــاط شيوعــاً من الــزلازل هي تلك التــي يلتقي فيها لوحــان، كما في كاليفورنيــة على طول سان أندريــاز فولت. فحين يدفع اللوحــان بعضهما بعضاً، فإن

الضغوط تتجمّع إلى أن يستسلم أحدهما ويفتح مجالاً. كلما طال الفاصل بين الزلازل، ازداد الضغط المكبوت وازداد احتمال صدمة أكبر. وهذا ما يقلق طوكيو، التي يصفها بيل مجواير، المختص بالأخطار في جامعة يونيفرسيتي كوليج في لندن بأنها «المدينة التي تنتظر الموت» (ليس هذا شعاراً تجده على كثير من النشرات السياحية). تتوضع طوكيو على نقطة التقاء ثلاثة ألواح تكتونية في بلاد عُرفت دوماً بعدم استقرارها بسبب الزلازل. ففي 1995 -وكما تتذكرون- ضرب زلزال مدينة كوب، التي تبعد تقريباً 500 كيلومتر إلى الغرب بقوة 7.2 وقتل 6,394 شخصاً. وقُدرت الخسائر بـ 99 بليون دولار. ولكن هذا ليس شيئاً بالمقارنة مع ما ينتظر طوكيو.

عانت طوكيو سابقاً من أعنف الزلازل في التاريخ الحديث. ففي 1 أيلول 1923، تماماً قبل منتصف النهار، ضرب المدينة ما عُرف باسم زلزال كانتو الكبير، وكان أقوى بعشر مرات من زلزال كوب وقتل مئتي ألف شخص. ومنذ ذلك الوقت، ظلت طوكيو هادئة بشكل غريب، بحيث إنّ التوتر تحت السطح كان يتجمّع طوال ثمانين عاماً. في النهاية إنه مقدر عليه أن يتحرك. وفي 1923 كان عدد سكان طوكيو 3 ملايين واليوم يقترب من 30 مليوناً. لا أحد يأبه بتخمين كم من الناس يمكن أن يموت، غير أنه تم تقدير الكلفة الاقتصادية بـ 7 ترليونات دولار.

ما يثير الأعصاب أكثر، هو تلك الهزات الأكثر ندرة، والغامضة والقادرة على الحدوث في أي مكان وفي أي وقت، التي تُعرف باسم الزلازل بين الألواح. وهذه تحدث بعيداً عن حد اللوح، مما يجعل التنبؤ بها مستحيلاً. ولأنها تأتي من عمق أكبر بكثير، فإنها تميل إلى الانتشار في مناطق أكثر اتساعاً بكثير. إن أكثر الزلازل شهرة من هذا النوع التي سبق أن ضربت الولايات المتحدة كانت سلسلة من ثلاثة زلازل حدثت في نيو مدريد، وميسوري، في شتاء 1811/ 12. بدأ بعد منتصف الليل تماماً في 16 كانون الأول (ديسمبر) حين استيقظ الناس في البداية من ضجيج حيوانات المزرعة المذعورة (إن اضطراب الحيوانات قبل الزلازل ليس قصة خرافية، وإنما مؤكدة، بالرغم من أنها ليست مفهومة بنحو كامل) ثم من صوت قوة انفجارية جبارة صادر من أعماق الأرض. وحين خرج السكان المحليون من منازلهم وجدوا الأرض تتدحرج

في أمـواج ارتفاعهـا متر، وتنفتح صـدوع فيها بعمق أمتار عدة. مـلأت رائحة كبريت قويـة الجو. استمر الزلـزال أربع دقائق، محدثاً الدمار المعتـاد في الأملاك. كان بين الشهود الفنان جون جيمس أودوبون، الذي صادف أن كان في المنطقة. اندفع الزلزال نحو الأعلى بقوة جعلت المداخن تسقط في سنسيناتي على بعد 600 كيلومتر، وبحسب إحـدى الروايات علـى الأقل، «حطم الزلـزل المراكب في مرافئ الساحـل الشرقي... وانهـارت منصـة شيدت حول بنـاء الكابيتول في واشنطن، العاصمـة». وفي 23 كانون الثـاني (ينايـر) و4 شباط (فبراير) تبعـت ذلك زلازل أخرى بقـوة مماثلة. صمتت نيومدريـد منذ ذلك الوقت، ولكن ليس بشـكل مفاجئ، بما أن حوادث كهذه لم يُعرف أنهـا حدثت في المكان نفسه مرتين. وبقدر ما نعـرف، إنها عشوائية كالبرق. يمكن أن يحـدث الزلزال الآتي تحت شيكاغو أو باريس أو كينشاسة. لا أحد يستطيع تخمين ما الـذي يسبب هذه الزلازل العنيفـة داخل الألواح. شيء ما عميـق داخل الأرض. ربما أكثر من ذلك، لا ندري.

صـار العلماء في الستينيات خائبي الأمل بسبـب محدودية فهمهم لباطن الأرض، بحيـث إنّهم قـرروا أن يحاولوا القيام بشيء ما حيال ذلك. وخطرت لهم فكرة الحفر في قاع المحيط (كانت القشرة القارية سميكة جداً) إلى أن يصلوا إلى انقطاع (موهو) واقتطـاع قطعة من دثار الأرض للفحص في أوقات الفـراغ. واعتقدوا أنهم إذا فهموا طبيعـة الصخور داخل الأرض، سيفهمون كيفيـة تفاعلها، ويمكن بعد ذلك أن يتنبؤوا بالزلازل والحوادث الأخرى غير المرحّب بها.

صـار المشـروع معروفاً -بشكل يتعـذر اجتنابه- باسم حفرة موهـو، وكان كارثياً. كانـوا يأملـون إنـزال حفـارة على عمـق 4000 متر في المحيـط الهـادي مقابل خليج مكسيكـو، ويحفرون إلى عمـق 5000 متر عبر قشرة رقيقـة. إن الحفر من سفينة في ميـاه مفتوحـة هو -كما عبّر أحـد علماء المحيط- «مثل محاولة حفـر ثقب في أرصفة نيويورك من قمة بناء الإمبايرستيت باستخدام خيط من المعكرونة». انتهت المحاولات جميعـاً بالخيبـة. لم يصلـوا في الحفر إلا إلى عمـق 180 متراً. وصـارت حفرة موهو معروفة باسم اللاحفـرة. وفي 1966، ألغى الكونغرس المشروع بسبب الكلف المتزايدة وعدم الوصول إلى أي نتائج.

بعد أربع سنوات، قرر العلماء السوفييت تجريب حظهم على الأرض الجافة. اختاروا منطقة في شبه جزيرة كولا في روسية قرب الحدود مع فنلندة، وانطلقوا إلى العمل آملين الحفر إلى عمق 15 كيلومتراً. برهن العمل أنه أصعب مما كان متوقعاً، ولكن السوفييت كانوا مثابرين بشكل يستحق الثناء. وحين استسلموا في النهاية -بعد تسعة عشر عاماً- كانوا قد حفروا إلى عمق 12,262 متراً. واضعين في أذهاننا أن قشرة الأرض لا تمثل إلا 0.3% من حجم الكوكب، وأن ثقب (كولا) لم يصل حتى إلى ثلث الطريق عبر القشرة، ليس بوسعنا الزعم بأننا غزونا باطن الأرض.

وبالرغم من أن الحفرة كانت متواضعة، فإن ما كشفته أدهش الباحثين. فقد قادت دراسات موجة الارتجاف العلماء إلى التنبؤ -وبشكل موثوق- أنهم سيصادفون صخوراً رسوبية على عمق 4700 متر، تتبعها صخور غرانيتية في الألفين وثلاث مئة متر اللاحقة ثم البازلت بعد ذلك. كانت الطبقة الرسوبية أعمق بـ 50% من المتوقع ولم يُعثر على الطبقة البازلتية أبداً. فضلاً عن ذلك، كان العالم هناك في الأسفل أكثر حرارة مما توقع أي شخص، فالحرارة على عمق 10,000 متر هي 180 درجة مئوية، أعلى بمرتين تقريباً من المستوى المتنبأ به. وكان الأكثر دهشة هو أن الصخور العميقة كانت مشبعة بالماء، وهذا شيء لم يُعتقد أنه ممكن.

ولأننا لا نستطيع رؤية باطن الأرض، علينا أن نستخدم تقنيات أخرى، تتضمن معظمها قراءة الموجات وهي تسافر عبر الباطن، لاكتشاف ما الذي هناك. نعرف قليلاً عن الدثار مما يُعرف باسم الفجوات الأنبوبية حيث يتشكّل الماس. ما يحدث هو أنه عميقاً في الأرض يحدث انفجار يُطلق كرة نارية من الماغما إلى السطح بسرعة أكبر من سرعة الصوت. وهذا حدث عشوائي كلياً. إن الفجوة الأنبوبية يمكن أن تنفجر في حديقتك الخلفية فيما أنت تقرأ هذا. ولأنها تأتي من أعماق كهذه من عمق 200 كيلومتر تُحضر الفجوات الأنبوبية أنواع الأشياء جميعها، التي لا يُعثر عليها عادة على السطح أو قربه: صخرة تُدعى الصخرة الزبرجدية، الكريستال الأولفيني و أحياناً، في كل أنبوب من بين مئة ألماس. ويأتي كثير من الكربون مع مقذوفات الفجوة الأنبوبية، ولكن معظمه يتبخّر أو يتحوّل إلى غرافيت (رصاص أسود). وأحياناً تنطلق قطعة منها

فحسب بالسرعة المناسبة تماماً، وتبرد بالسرعة الضرورية كي تصبح ماسة. كانت فجوة كهذه هي التي جعلت جنوب إفريقية أكثر بلدٍ إنتاجاً للماس المعدّن في العالم، ولكن يمكن أن تكون هناك فجوات أكبر لا نعرف عنها شيئاً. ويعرف علماء الجيولوجيا أنه في مكان ما في جوار شمال شرق إنديانة هناك دليل على فجوة أو مجموعة من الفجوات الأنبوبية، التي يمكن أن تكون ضخمة في الحقيقة. فقد عثر على ماسات تبلغ 20 قيراطاً أو أكثر في مواقع مبعثرة في أنحاء المنطقة. ولكن لم يعثر أحد على المصدر بعد. وكما يقول جون مكفي، يمكن أن تكون مدفونة تحت تربة مترسبة مغطاة بالجليد على غرار حفرة مانسون في آيوا، أو تحت البحيرات الكبرى.

وهكذا لا نعرف عما يوجد في باطن الأرض سوى قليل جداً. ويتفق العلماء عامةً على أن العالم الذي تحتنا يتألف من أربع طبقات: قشرة خارجية صخرية، ودثار من الصخور الحارة اللزجة، ولب سائلي خارجي ولب داخلي صلب*. نعرف أن السطح مغمور بالسليكات (أملاح حامض السليسيك)، التي هي خفيفة نسبياً وغير ثقيلة بما يكفي كي تفسّر كثافة الكوكب الإجمالية. من ثمّ، يجب أن يكون هناك مادة أكثر ثقلاً في الداخل. ونعرف أنه لتوليد حقلنا المغناطيسي في مكان ما في الداخل، يجب أن يكون هناك حزام مركّز من العناصر المعدنية في حالة سائلة. وهذا مقبول على المستوى العالمي. وتقريباً كل شيء وراء هذا كيف تتفاعل الطبقات، ما الذي يجعلها تتصرف بالطريقة التي تتصرف بها، ما الذي ستفعله في أي وقت في المستقبل، هذه مسألة غير مؤكدة وغامضة جداً.

حتى الجزء الذي نستطيع رؤيته؛ أي القشرة، خاضع لجدل قوي. فالنصوص الجيولوجية جميعها تقريباً تقول لك: إن القشرة القارية سميكة من 5 إلى 10 كيلومترات تحت المحيط، وتبلغ سماكتها 40 كيلومتراً تحت القارات ومن 65 إلى 95 كيلومتراً تحت السلاسل الجبلية الكبيرة، ولكن هناك تغايرات كثيرة محيّرة داخل

* بالنسبة لأولئك الذين يتوقون إلى خريطة أكثر تفصيلاً لباطن الأرض، إليكم أبعاد الطبقات المختلفة، مستخدمين الأرقام العادية: من 0 إلى 40 كيلومتراً توجد القشرة. من 40 إلى 400 كيلومتر الدثار العلوي. من 400 إلى 650 كيلومتراً منطقة انتقال بين الدثار العلوي والسفلي. من 650 كيلومتراً إلى 2700 كيلومتر الدثار السفلي. من 2700 إلى 2890 كيلومتراً طبقة د. من 2890 إلى 5150 اللب الخارجي ومن 5150 إلى 6370 كيلومتراً اللب الداخلي.

هــذه التعميمات. إن القشرة تحت جبال سييرا نفادا، مثلاً لا تبلغ سماكتها إلا 30-40 كيلومــتراً، ولا أحد يعرف لماذا. وبحســب كل القوانين الجيوفيزيائية فإن جبال سييرا نفادا تغوص، كما لو في رمال متحركة. (يعتقد بعضهم أن هذا يحدث على الأرجح).

أمــا كيف ومتى حصلت الأرض على قشرتها فهــذه أسئلة تقسم الجيولوجيين إلى معسكريــن كبيرين: أولئك الذيــن يعتقدون أنه تشكل فجأة، باكــراً في تاريخ الأرض، وأولئك الذين يعتقدون أنه حدث بالتدريج فيما بعد. إن قوة المشاعر تتخلل هذه المسائل بشــكل عميــق. اقترح رتشارد أرمسترونغ من ييل نظريــة انفجار مبكر في الستينيات، ثم أمضى بقية حياته المهنية يقاتل أولئك الذين لم يتفقوا معه. توفي من السرطان في عــام 1991، ولكن قبل موته بوقت قصير «هاجم نقاده في مقال مثير للجدل في مجلة نمساويــة مختصة بعلوم الأرض اتهمهم فيهــا بإطالة عمر الخرافات»، بحسب تقرير نُشر في مجلة إيرث في 1998. وقال زميل له: «لقد مات حاقداً».

إن القشرة وجــزءًا من الدثار الخارجي يدعيان سويــة القشرة الأرضية (النطاق الصخــري) (من كلمة lithos اليونانية، وتعني الصخر)، التي بدورها تعوم على قمة طبقــة من الصخور الأنعم التي تدعى نطاق الانسيــاب، (من كلمة يونانية تعني «دون قــوة»)، ولكن مصطلحات كهذه لم تكن مقنعة بشكل كامل أبداً. فإذا قلنا: إن القشرة الأرضيــة تقع فوق نطــاق الانسياب فإن هــذا يوحي بدرجة من الطفويــة السهلة غير الصحيحــة. وبنحو مشابه، من المضلل أن نفكّر بمــواد تعوم على السطح. إن الصخور لزجة، ولكن كما هو الزجاج فحسب. يمكن ألا تبدو مثله، ولكن كل الزجاج على الأرض يتدفــق إلى الأسفل بدفع لا يلين من الجاذبية. أزح لوحاً من الزجاج القديم من نافذة كاتدرائيــة أوروبيــة، وسيبدو أنه أكثر سماكة في الأسفــل مما هو في الأعلى*. هذا هو نوع «التدفق» الذي نتحدث عنه. إن عقرب الساعة يتحرك أسرع بعشرة آلاف مرة من «تدفق» صخور الدثار.

لا تحــدث الحركات جانبيــاً فحسب كما تتحــرك الألواح عبر السطــح، وإنما إلى الأعلى والأسفــل أيضاً، كما ترتفع الصخور وتنخفض تحت عملية المخض التي تعرف

* أو هكذا كُتب. على أي حال، في صيف 2003، وبعد أن نشر كتابه، ذكرت ساينس نيوز دراسة قام بها البروفسور ي.د. زانوتو من البرازيل تقترح أن تدفق الزجاج، مهما كان اللوح معرضاً، هو أبطأ من أن يُرصد بالعين المجردة.

باسـم التصعّـد (أو الحمل الحـراري). كان أول من استنتج التصعّـد بوصفه عملية هـو الكونت فـون رمفورد في نهاية القـرن الثامن عشر. بعد ستـين عاماً اقترح كاهن إنكليـزي يُدعى أوزموند فيشـر أن باطن الأرض يمكن أن يكون سائلاً بما يكفي لجعل المحتويات تتحرك، ولكن الفكرة استغرقت وقتاً طويلاً؛ كي تتلقى الدعم.

حـين أدرك علمـاء الجيوفيزيـاء في 1970، كـم من الاضطراب يحـدث في باطن الأرض، صُدمـوا. وكما عـبّرت (شونا فوغل) عن الأمـر في كتابها الأرض العارية: الجيوفيزيـاء الجديدة: «كان الأمـر وكأن العلماء أمضوا عقوداً، وهم يحاولون معرفة طبقات جو الأرض التروبوسفير، والستراتوسفير وغيرهما ثم فجأة اكتشفوا الريح».

كان العمق الذي تصل إليه عملية التصعّد (الحمل الحراري) مسألة أثارت الجدل منـذ ذلك الوقت. يقول بعضهم: إنها تبدأ على عمق 650 كيلومتراً، ويقول آخرون: إن العمـق أكثر مـن 3000 كيلومتر تحتنا. والمشكلة كما قال جيمسـ تريفل هي أن هناك «مجموعتـين من المعطيات، من نظامين مختلفين، لا يمكن مصالحتهما». وقال علماء كيميـاء الأرض: إن عناصر معيّنة علـى سطح الكوكب لا يمكن أن تأتي من الدثار، ولا بد أنها أتت من مكان أعمق في باطن الأرض. لذا، إن المواد في الدثار العلوي والسفلي يجـب على الأقل أن تمتزج أحياناً. ويلح علماء المرجافات على أنه لا يوجد دليل لدعم فرضية كهذه.

وهكـذا كل مـا يمكن أن يُقال هو أنه في نقطة ما غير محددة وفيما نتجه نحو مركز الأرض نترك الطبقة الانسيابية، وندخل في الدثار الصرف. وإذا حَسِبْنا أن هذا يفسر 82% مـن حجـم الأرض و65% مـن كتلتها، فإن الدثـار لا يجذب انتباهـاً كبيراً؛ لأن الأمـور التي تهم علمـاء الأرض والقـراء العامين على حد سواء تحـدث إما إلى أعمق في الأسفـل (كما مـع المغناطيسية) أو قرب السطح (كما مع الزلازل). ونعرف أنه إلى عمـق نحو 150 كيلومتراً يتألف الدثار بشكل رئيس من نمط من الصخور يعرف باسم الزبرجدي (الناري)، ولكن ما يملأ الـ 2650 كيلومتراً اللاحقة غير معروف. وبحسب تقرير نشرته مجلة نيتشر، يبدو أنه ليس زبرجدياً. ولا نعرف أكثر من ذلك.

ثمـة لُبّان تحت الدثـار: لبٌّ داخليٌّ صلب ولـبٌّ خارجيٌّ سائلي. ومـن نافلة القول: إن فهمنـا لطبيعـة هذين اللبين غـير مباشر، ولكن العلماء يستطيعـون القيام ببعض

الافتراضات غير المباشرة. يعرفون أن الضغوط في مركز الأرض مرتفعة بما يكفي أكبر بثلاثة ملايين مما هو في السطح لتحويل أي صخرة هناك إلى صلبة. ويعرفون أيضاً من تاريخ الأرض (بين مفاتيح أخرى) أن اللب الداخلي جيد جداً في الاحتفاظ بحرارته. وبالرغم من أن الأمر لا يتعدى التخمين إلا قليلاً، يُعتقد أنه في غضون أربعة بلايين عام لم تنخفض الحرارة في اللب أكثر من 110 درجات مئوية. لا أحد يعرف بالضبط كم حرارة لب الأرض، ولكن التقديرات تتراوح من 4000 درجة إلى 7000 درجة مئوية، وهذا يعادل تقريباً حرارة سطح الشمس.

إن اللب الخارجي غير مفهوم جيداً أيضاً، بالرغم من أن الجميع يتفقون على أنه سائل وهو مقعد الجاذبية. وضع ي.سي.بلارد من جامعة كمبريدج في 1949 النظرية القائلة: إن هذا الجزء السائل من لب الأرض يدور بطريقة تجعله، بالنتيجة محركاً كهربائياً، يخلق الحقل المغناطيسي للأرض. تقول الفرضية: إن السوائل المحمولة حرارياً داخل الأرض تعمل نوعاً ما مثل تيارات في أسلاك. ما يحدث بالضبط غير معروف، ولكن يُشعر به بشكل مؤكد أنه متصل باللب الذي يدور وبكونه سائلاً. إن الأجرام التي ليس فيها لب سائل القمر والمريخ، مثلاً لا تملك مغناطيسية.

نعرف أن قوة الحقل المغناطيسي للأرض تتغير بين وقت وآخر: ففي أثناء عصر الديناصورات كانت أقوى من الآن بثلاث مرات. نعرف أيضاً أنها تنخفض كل خمس مئة عام أو ما يقارب ذلك، بالرغم من أننا غير قادرين على التنبؤ. حدث آخر انخفاض منذ سبع مئة وخمسين ألف سنة. أحياناً تبقى القوة ثابتة ملايين الأعوام 37 مليون سنة تبدو المدة الأطول، وفي أحيان أخرى تنخفض بعد عشرين ألف سنة. وقد انخفضت هذه القوة في المئة مليون عام الأخيرة نحو مئتي مرة، ولا نمتلك أي فكرة عن السبب. وقد دُعي هذا «السؤال الأعظم الذي لا إجابة له في العلوم الجيولوجية».

من المحتمل أن قوة الحقل المغناطيسي تنخفض الآن. لقد ضعف الحقل المغناطيسي للأرض بنسبة 6% في القرن الأخير فقط. ومن المحتمل أن يكون أي ضعف في الجاذبية أخباراً سيئة؛ لأنه بغض النظر عن تنظيم البرادات وإبقاء بوصلاتنا تشير إلى الجهة الصحيحة، فإنه يؤدي دوراً حيوياً في إبقائنا أحياء. إن الفضاء مليء بالأشعة الكونية

الخطـرة التي ستحرق -في غيـاب الحماية المغناطيسية- أجسادنـا محولة كثيراً من الـ(DNA) الخاص بنا إلى شظايا لا نفع فيها. حين يعمل الحقل المغناطيسي، فإن هـذه الأشعة تُحـرف بعيداً بأمان عن سطح الأرض إلى منطقتين في الفضاء القريب تُدعيـان حزامي (فان آلن). تتفاعـل الأشعة أيضاً مع جسيمات في الجو الأعلى لخلق حُجُب ساحرة من الضوء تُعرف باسم الظواهر الشفقية.

ويعـود السبـب في جهلنا لباطـن الأرض إلى أنه لم يكن هنـاك في السابق إلا جهد قليـل لتنسيـق ما يحدث على سطـح الأرض، مع ما يحدث في داخلهـا. فبحسب شونا فوجـل: «نـادراً ما يذهب علماء الجيولوجيـا وعلماء فيزياء الأرضـ إلى الاجتماعات نفسها أو يتعاونون على المشكلات نفسها».

ربمـا لا شيء يشـرح بشكل أفضل فهمنا غير السـوي لدينامية باطن الأرض سوى المصـير، الذي سيحل بنـا إذا لعبَ هذا الباطن، وسيكون من الصعب إيراد مثال على ذلك أفضل من انفجار جبل سينت هيلين في ولاية واشنطن في 1980.

في ذلك الوقت، لم تشهد الولايات المنخفضة الثماني والأربعون من الاتحاد انفجاراً بركانيـاً لأكثر من 65 عاماً. من ثمّ فقد استُدعـي معظم علماء البراكين الحكوميين؛ كـي يرصدوا سينت هيلين ويتنبؤوا بسلوكه، وهم لم يشاهدوا سابقاً إلا براكين هاواي في حالة عمل، وتبين أنها لم تكن الشيء نفسه مطلقاً.

بـدأ سينـت هيلين قعقعته في عشريـن آذار. وفي غضون أسبـوع كان يقذف الماغما، ولـو بكميـات قليلة - مئة مـرة في اليوم، كانت تهـزه الزلازل باستمـرار. أجلي السكان إلى منطقـة تبعد 13 كيلومتراً افْتُرِضَـ أنها آمنة. وفيما ازداد هزيم الجبل صار سينت هيلينا يجذب السواح من كل أنحاء العالم كلها. نشرت الصحف تقارير يومية عن أفضل الأمكنـة لرؤية المشهد. وطارت الفـرق التلفزيونية بشكل متكرر في الحوّامات إلى القمة وكان النـاسـ يتسلقـون الجبل. وفي أحد الأيـام، دارت أكثر من سبعـين حوامة وطائرة خفيفة حول القمة. ولكن مع مرور الأيام وعدم تحول القعقعة إلى أي شيء درامي، صار النـاس قلقين وصار المشهد عاماً وساد رأيٌ بأن البركان لن ينفجر في النهاية.

وفي 19 نيسان بدأ الطرف الشمالي من الجبل ينتفخ بشكل واضح. ومن اللافت أنه لم يرَ أحد في مواقع المسؤولية أن هذا أشار بقوة إلى انفجار جانبي. وقد بنى علماء الزلازل استنتاجاتهم على سلوك براكين هاواي، التي لا تنفجر جانبياً. وكان الشخص الوحيد تقريباً الذي اعتقد أن شيئاً سيئاً يمكن أن يحدث هو جاك هايد، أستاذ الجيولوجيا في كلية المحلّة في تاكوما. أشار إلى أن جبل سينت هيلين لا يمتلك فتحة، على غرار براكين هاواي، ولهذا فإن أي ضغط يتجمّع في الداخل سيُطلق على نحو درامي وربما كارثي.

نعرف جميعاً ما الذي حدث. في الثامنة واثنتين وثلاثين دقيقة في صباح يوم الأحد، 18 أيار، انهار الجانب الشمالي من البركان، مرسلاً حادوراً ضخماً من التراب والصخر على سفح الجبل بسرعة 250 كيلومتراً في الساعة. كان أضخم انزلاق أرضي في التاريخ البشري، وحمل ما يكفي من المواد لدفن مانهاتن كلها إلى عمق 120 متراً. بعد دقيقة، ضعفت خاصرته، وانفجر جبل سينت هيلين بقوة تعادل خمس مئة مرة القنابل النووية التي رُميت على هيروشيما، مطلقاً سحابة حارة قاتلة بسرعة 1,050 كيلومتراً في الساعة، وكانت أسرع بكثير من قدرة أي شخص قريب كي يسبقها. قتل 57 شخصاً. لم يُعثر على ثلاث وعشرين جثة أبداً. ولو لم يكن اليوم يوم أحد لكان عدد الموتى أكبر. ففي أي يوم من أيام الأسبوع يعمل عمال الخشب داخل منطقة الموت. وقُتل أشخاص على بعد ثلاثين كيلومتراً.

كان أكثر شخص حظاً في ذلك اليوم هو الطالب المتخرج هاري جليكن. كان يشغل موقعاً للرصد على بعد 9 كيلومترات من الجبل، ولكنه حصل على مقابلة للتوظيف في 18 أيار في كاليفورنيا، وهكذا ترك الموقع قبل يوم من الانفجار. شغل مكانه ديفد جونستون. كان جونستون أول من أبلغ عن انفجار البركان؛ ومات بعد لحظات. لم يُعثر على رفاته أبداً. كان حظ جليكن -للأسف- قصيراً. بعد 11 سنة كان أحد العلماء والصحفيين الثلاثة والأربعين الذين انصبت عليهم سيول رماد مهلكة عالية الحرارة، وغازات وصخور ذائبة ما عُرف باسم التدفق الفلذبركاني في جبل أنزين في اليابان، الذي أسيء فهمه بشكل قاتل أيضاً.

إن علمــاء البراكــين يمكن أن يكونوا أو لا يكونوا أســوأ العلماء في العالم في القيام بالتنبــؤات، ولكنهم دون شك الأســوأ في العالم في إدراك كم هي تنبؤاتهم سيئة. قبل أقــل من عامين بعد كارثة أنزين صعدت مجموعة أخرى من مراقبي البراكين بقيادة ستانلي وليامز من جامعة أريزونا إلى حافة بركان نَشِط يدعى جاليراس في كولومبيا. وبالرغــم من وفيات العام الماضي، لم يكن يرتدي قبعات أمان أو ألبسة حماية أخرى ســوى اثنين من الأعضــاء الستة عشر لفريق وليامز. انفجــر البركان، وقتل ستة من العلماء، وثلاثة سواح كانوا يتبعونهم وأصاب عدداً من الآخرين إصابات خطرة، بما فيه وليامز.

في كتاب يخلو من نقد الذات بشكل فائق للعادة يدعى «النجاة من جاليراس»، قال وليامــز إنه: «استطاع أن يهز رأسه متعجبــاً فحسب» حين علم فيما بعد أن زملاءه في علم البراكين قالوا: إنه أهمل، أو لم يأخذ بالحسبان ارتجافات مهمة معينة وتصرّف بطيشــ. وأضاف: «كم من السهل تصيّد حقيقة، وتطبيق المعرفة التي نملكها الآن عن أحــداث 1993. لم يكن مذنبــاً بشيء أسوأ من هذا –كما اعتقــد– سوى التوقيت غير المحظــوظ حين قام جاليراس «بالتصرف بمكر، كما تميل القوى الطبيعية إلى الفعل. لقــد خُدعت ومــن أجل ذلك أتحمــل المسؤولية. ولكننــي لا أشعر بالذنــب حيال موت زملائي. لا يوجد خطيئة. كان هناك انفجار فحسب».

ولكــن لنعد إلى واشنطن. فقــد جبل سينت هيلين 400 متر مــن قمته، وتم تدمير 600 كيلومــتر مربع مــن الغابة. ودمر ما يكفي من الأشجار لبناء 150,000 منزل (أو 300,000 بحســب بعضــ التقارير). وقــدرت كلفة الضرر بـ 2.7 بليــون دولار. وصعد عمــود عملاق من الدخــان والرماد إلى ارتفاع 18,000 مــتر في أقل من عشر دقائق. وأبلغت طائرة على بعد 48 كيلومتراً بأنها أصيبت بالأحجار.

بعــد تسعين دقيقة مــن الانفجار، بدأ الرمــاد يُمطر على ياكيمــا، واشنطن، وهي بلــدة تتألف مــن خمسين ألف شخص على بعد 130 كيلومــتراً. وكما ستتوقعون، حوّل الرمــاد النهار إلى ليل وتغلغل في كل شيء، غامراً المحركات والمولّدات وأجهزة تشغيل

الكهربـاء، وخنق العابريـن، وسد أنظمة التنقية وعرقل كل شـيء عملياً. أغلق المطار والطرقات المؤدية من وإلى المدينة.

كان كل هذا يحدث -كما ستلاحظون- باتجاه الريح من البركان الذي كان يقعقع بشـكل مهدد لشهريـن. ولكن ياكيما تفتقـر إلى إجراءات طـوارئ خاصة بالبراكين. وتوقـف نظام البـث في المدينة الذي كان مـن المفترض أن يعمل في أثنـاء الأزمة؛ لأن «موظفـي الصبـاح لم يعرفوا كيف يشغّلـون الأجهزة». ولمدة ثلاثة أيـام، شُلت ياكيما وانقطعت عن العالم، بعد أن أُغلق مطارها، وسُدّت طرقها. تلقت المدينة ما يصل إلى سماكة 1.5 سنتيمتر من الرماد بعد انفجار جبل سينت هيلين. الآن ضعوا في أذهانكم -من فضلكم- ما الذي سيفعله انفجار يلوستون.



الفصل الخامس عشر

جمال خطر

في الستينيات، وبينما كان يُدَرَسُ التاريخ البركاني ليلوستون ناشنال بارك، صار بوب كريستاينسن الذي يعمل في مشروع مسح الولايات المتحدة الجغرافي، حائراً حيال شيء كان من الغريب أنه لم يُزعج أحداً من قبل: لم يستطع العثور على بركان الحديقة. فقد عُرف لوقت طويل أن يلوستون بركانية بطبيعتها. هذا ما فسّر ينابيعها الحارة العمودية وصفات بخارية أخرى. ومن إحدى صفات البراكين المميزة أنها واضحة جداً. ولكن كريستيانسن لم يستطع العثور على بنية تُعرف باسم الكلديرة*.

حين يفكر معظمنا في البراكين يفكرون بالشكل المخروطي الكلاسيكي لفوجي أو كليمنجارو، الذي ينشأ حين تتراكم الماغما المقذوفة في كومة متناسقة. ومن اللافت أنه يمكن أن تتشكل بسرعة. ففي 1943 في باريكوتن في مكسيكو دهش فلاح حين شاهد الدخان يتصاعد من بقعة في أرضه. وفي أسبوع واحد صار المالِكَ المذهول لمخروط ارتفاعه 150 متراً. بعد عامين صار ارتفاعه 430 متراً وعرضه أكثر من 800 متر. وهناك نحو عشرة آلاف من البراكين المرئية بشكل واضح على الأرض لم ينقرض منها سوى بضع مئات. ولكن هناك نوع ثانٍ من البراكين غير المعروفة لا تشتمل على بناء الجبال. وهذه براكين انفجارية بحيث تنفجر، وتنفتح في تمزّق عنيف تاركة خلفها حفرة ضخمة خامدة تُدعى الكلديرة (من الكلمة اللاتينية التي تعني مرجلاً). كانت يلوستون على ما يبدو من النوع الثاني، ولكن كريستاينسن لم يعثر على الكلديرة في أي مكان.

بالمصادفة -وفي الوقت نفسه قررت ناسا أن تختبر كاميرات جديدة من ارتفاعات عالية بالتقاط صور ليلوستون- منح مسؤول ذكي نسخاً من الصور

* منخفض ضخم حوضي الشكل ناشئ عن انهيار الجزء الأوسط من بركان، أو من انفجارات عنيفة إلى حد استثنائي. المترجم.

لسلطات الحديقة، مفترضاً أنهم يمكن أن يقوموا بعرض ظريف في أحد مراكز الزوار. حالما شاهد كريستاينسن الصور أدرك لماذا لم يفلح في تحديد الكلديرة: كانت الحديقة كلها -9000 كيلومتر مربع- كلديرة. لقد خلّف الانفجار حفرة عرضها 65 كيلومتراً تقريباً، كبيرة جداً بحيث لا يمكن أن يدركها أحد من مستوى الأرض في أي مكان. في وقت ما في الماضي لا بد أن يلوستون انفجرت بعنف يتجاوز في قوته أي شيء سبق وعرفه البشر.

تبين أن يلوستون هي بركان عملاق. تتوضع على بقعة حارة ضخمة، ومستودع للصخر الذائب الذي يبدأ على عمق 200 كيلومتر تحت الأرض، ويصعد إلى قرب سطح الأرض، مشكّلاً ما يعرف باسم الأعمدة الضخمة. إن حرارة البقعة الحارة هي ما يقوّي الفتحات والينابيع والقدور الطينية المندفعة في يلوستون جميعها. ويوجد تحت السطح غرفة ماغما عرضها 72 كيلومتراً تقريباً لها الأبعاد نفسها كالحديقة، وتبلغ سماكتها 13 كيلومتراً في نقطتها الأكثر سماكة. تخيّلوا كومة من التي إن تي بحجم مقاطعة إنكليزية ترتفع 13 كيلومتراً في الفضاء، إلى ارتفاع أعلى طخّاف (السحاب الأبيض)، وحينها تعرفون فوق ماذا يسير زوّار يلوستون، إن الضغط الذي تمارسه بركة ماغما كهذه على القشرة في الأعلى، رفع يلوستون وأرضها المحيطة نحو نصف كيلومتر إلى أعلى مما كانت عليه. وإذا ما انفجرت فإن الكارثة ستكون خارج التصور. وقال البروفسور بيل مجواير من كلية جامعة لندن: «لن تكون قادراً على الاقتراب في نطاق ألف كيلومتر منها» بينما هي تنفجر. والعواقب التي ستتبع ذلك ستكون أسوأ.

إن الأعمدة العملاقة التي تتوضع عليها يلوستون تشبه كؤوس المارتيني: تضيق في الأعلى، ولكنها تتوسّع حين تقترب من السطح كي تشكّل قصعات من الماغما غير المستقرة. يمكن أن يكون عرض قصعات كهذه 1900 كيلومتر. وتقول النظريات الحالية: إنها لا تبزغ دوماً انفجارياً، ولكنها تنفجر أحياناً في طوفان متواصل من الصخور الذائبة كما حدث في ديكان ترابس في الهند منذ 65 مليون سنة. فقد غطت هذه الصخور الذائبة منطقة تتجاوز مساحتها 500,000 كيلومتر مربع، وعلى الأرجح أسهمت في انقراض الديناصورات وهي بالتأكيد لم تساعد بدفقها المزعج من الغازات. يمكن أن تكون الأعمدة الضخمة مسؤولة عن الصدوع التي تجعل القارات تنفصل.

إن أعمدة كهذه ليست نادرة. هناك نحو 30 واحداً منها ناشط على الأرض حالياً و مسؤول عن كثير من جزر الأرض المعروفة أيسلندة، وهاواي، والآزوريس، والكناري، وأرخبيلات جالاباكوس، وبيتكيرن الصغيرة في وسط المحيط الهادئ الجنوبي، وكثير من الجزر الأخرى ولكن باستثناء يلوستون كلها محيطية. ولا يملك أحد أدنى فكرة كيف ولماذا انتهت يلوستون تحت لوح قاري. هناك شيئان مؤكدان فقط: إن القشرة في يلوستون رقيقة والعالم الذي تحتها حار. ولكن إن كانت القشرة رقيقة من البقعة الحارة، أو إن كانت البقعة الحارة هناك لأن القشرة رقيقة فهذه مسألة تثير جدلاً حامياً. فالطبيعة القارية للقشرة تفسّر انفجاراتها. وبينما تميل البراكين العملاقة الأخرى إلى أن تمور بثبات وبطريقة حميدة نسبياً، فإن يلوستون تمور انفجارياً. وهذا لا يحدث غالباً، ولكن حين يحدث فإنك سترغب بالوقوف في الخلف.

منذ انفجارها الأول المعروف منذ 16.5 مليون سنة، انفجرت نحو 100 مرة، ولكن أحدث ثلاثة انفجارات هي تلك التي كُتب عنها. كان آخر انفجار أقوى بألف مرة من انفجار جبل سينت هيلينز الذي قبله كان أقوى بـ 280 مرة والذي قبل هذا كان كبيراً جداً بحيث لا يعرف أحد كم كان قوياً. ربما كان على الأقل أقوى بـ 2500 مرة من سينت هيلينز، ولكن ربما أكثر وحشية بـ 8,000 مرة.

ليس لدينا أي شيء نقارنه به ألبتة. كان الانفجار الأكبر في الأوقات الأخيرة هو كراكاتو في إندونيسيا في آب 1883، الذي كان انفجاراً تردّد صداه في أنحاء العالم جميعها لتسعة أيام، وجعل المياه تندفع حتى في القناة الإنكليزية. ولكن إذا تصورتم حجم المواد المقذوفة من كراكاتو بأنها بحجم كرة غولف، فإن المواد المقذوفة من أقوى انفجارات يلوستون ستكون بحجم كرة يمكنك الاختباء خلفها. في وزن كهذا، لن يكون انفجار جبل سينت هيلينز أكثر من حبة بازلاء.

إن انفجار يلوستون الذي حدث منذ مليوني عام أخرج ما يكفي من الرماد لدفن ولاية نيويورك على عمق عشرين متراً أو كاليفورنية على عمق ستة أمتار. كان هذا هو الرماد الذي صنع أحواض المستحاثات الخاصة بمايك فورهايس في شرق نبراسكة.

حصـل الانفجـار فيما يعـرف الآن باسـم إداهو، ولكن علـى مدار أكـثر من ملايين الأعوام، بسرعة 2.5 سنتمتر في العام، سافرت قشرة الأرض فوقه، وهكذا فإنه اليوم مباشـرة تحت شمـال غرب ويومنغ. (البقعة الحارة تظل في مـكان واحد، مثل مشعل أسيتيلين موجه إلى السقف). وبعد أن يحدث يترك سهولاً بركانية غنية مثالية لزراعة البطاطا، كما اكتشف سكان إداهو منذ وقت طويل. وفي مليوني عام آخرين -كما يحب علمـاء الجيولوجيا أن يمزحوا- ستنتج يلوستون شرائح بطاطا مقلية بالدهن لمطاعم المكدونالد، وسيدور سكان بلينغو ومونتانا حول الينابيع الحارة.

إن الرمـاد المتساقط من آخر انفجار في يلوستون غطـى 19 ولاية غربية أو أجزاء منهـا (بالإضافة إلى أجزاء من كندة والمكسيك)، غطـى تقريباً كل الولايات المتحدة إلى غرب المسيسبي. وهذه -ضعوا في أذهانكم- سلة خبز أمريكة؛ منطقة تنتج تقريباً نصف حبوب العالم. ومن الجدير بالذكر أن الرماد ليس كالثلج المتساقط الذي يذوب في الربيـع. إذا أردتم أن تزرعـوا المحاصيل مرة أخرى، يجـب أن تجدوا مكاناً ما كي تضعـوا كل الرماد فيه. استغـرق آلاف العمال ثمانية أشهر كـي يزيلوا 1.8 بليون طن من الحطام من 6.5 هكتارات من موقع مركز التجارة العالمي في نيويورك. تخيلوا كم سيستهلك تنظيف كانساس من الوقت.

ناهيـك عن العواقب المناخيـة. حدث آخر انفجار لبركان عمـلاق على الأرض في توبـا، في شمال سومطرة، منذ 74,000 سنة. لا أحد يعرف تماماً كم كان قويّاً، ولكنه كان مدمِّـراً. تُظهـر أعماق الجليـد في غرينلندة أن انفجار توبا تبعـه على الأقل ستة أعـوام مـن «الشتاء الـبركاني»، ولا أحد يعرف كـم من مواسم الزراعـة السيئة التي أعقبـت. ويُعتقد أن الحدث يمكن أنه دفع البشـر إلى حافة الانقراض، مخفضاً عدد سـكان العـالم إلى بضعة آلاف. يعني هذا أن البشر الحديثين جميعاً نشؤوا من قاعدة سكانية صغيرة، وهذا ما يشرح افتقارنا إلى التنوّع الجيني. على أي حال، هنـاك بعض الأدلـة التي توحي أنـه في الأعوام العشريـن ألف اللاحقة لم يكن عـدد سكان العالم الكلـي أبـداً أكـثر من بضعـة آلاف في أي وقت. وهـذا -من نافلة القـول- وقت طويل للشفاء من انفجار بركاني واحد.

كان هذا مهماً على المستوى النظري حتى عام 1973، حين طرأ حدث غريب جعله يكتسب زخماً: بدأ الماء في بحيرة يلوستون -في قلب الحديقة- يفيض على الضفاف في الطرف الجنوبي من البحيرة، وغمرت مرجاً، بينما في الطرف المقابل من البحيرة تدفق الماء بشكل غامض. قام علماء الجيولوجيا بمسح سريع واكتشفوا أن منطقة ضخمة من الحديقة طورّت انتفاخاً سيئاً رفع طرفاً من البحيرة، جاعلاً الماء يطوف من الطرف الآخر، كم سيحدث حين ترفع طرفاً من بركة طفل. وفي 1984 ارتفعت المنطقة الوسطى من الحديقة أكثر من 100 متر مربع أكثر من متر عما كانت عليه في 1924، حين مُسحت الحديقة أخيراً بشكل رسمي. ثم، في 1985، انخفض الجزء الأوسط من الحديقة 20 سنتمتراً (8 إنشات). وتبدو أنها ترتفع الآن مرة ثانية.

أدرك علماء الجيولوجيا أن شيئاً واحداً فحسب يمكن أن يسبب هذا: غرفة ماغما غير مستقرة. لم تكن يلوستون مركز بركان عملاق قديم؛ وإنما مركز بركان ناشط. وفي نحو ذلك الوقت كانوا قادرين على استنتاج أن دورة انفجارات يلوستون تبلغ معدل انفجار واحد كبير كل 600,000 سنة. حدث آخر انفجار منذ 630,000 سنة. إن انفجار يلستون -على ما يبدو- متوقع.

قال لي بول دوس، عالم الجيولوجيا في منتزه يلوستون القومي، حالاً بعد النزول من الدراجة الضخمة هارلي دايفدسون، وبعد أن تصافحنا حين التقينا في مقر المنتزه في ينابيع ماموث الحارة في صباح يوم باكر جميل من أيام حزيران: «يمكن ألا تشعر بذلك، لكنك تقف فوق أنشط بركان في العالم». إن دوس -المولود في إنديانا- رجل طيِّع ناعم الكلام ومستغرق في تفكيره ولا يبدو كموظف في المنتزه. له لحية تميل إلى الشيب وشعر مربوط إلى الخلف كذيل المهر الطويل. خرص صغير من الياقوت الأزرق يزين إحدى أذنيه. وينتأ كرش من بزته الخاصة بالعمل. يبدو كموسيقي بلوز أكثر مما يبدو موظّفاً حكومياً. والواقع أنه موسيقي بلوز (يعزف على الهارمونيكا). ولكنه بالتأكيد يعرف الجيولوجيا ويحبها. «حصلت على أفضل مكان في العالم لممارسة الجيولوجيا»، قال فيما كنا ننطلق في عربة قافزة ذات أربع عجلات في الاتجاه العام لأولد فيثفول. لقد وافق على جعلي أرافقه مدة يوم، وهو يقوم بواجبه

كجيولوجـي في المنتزه. كانت الوظيفة الأولى في ذلك اليوم هي تقديم حديث تمهيدي لمجموعة جديدة من الأدلاء السياحيين.

بالكاد أحتاج إلى أن أشير أن يلوستون جميلة حسياً، بجبال خضراء مهيبة، ومروج منقطـة بالثيران، والجـداول القافزة، وبحيرة بلون السمـاء، وحياة برية لا تُحصى. يقـول دوسـ: «لا يوجد أفضل من هذا المكان إذا كنت عـالم جيولوجيا. لديك صخور في الأعلـى في بيرتـوث جاب عمرها ثلاثة بلايين عام ثلاثة أربـاع الطريق إلى بداية الأرضـ، ثم لديك ينـابيع معدنية هنا» يشير إلى اليـنابيع الكبريتية الحارة التي تأخذ منهـا ماموث اسمهـا «حيث بوسعك رؤيـة الصخور كما هي مولـودة. وبينهما يوجد كل مـا بوسعك تخيلـه. لم أذهب إلى أي مكان تبدو الجيولوجيا فيـه أكثر وضوحاً أو أجمل».

قلت: «إذاً تحبها؟»

«آه، نعـم، أحبها» - أجـاب بصدق. «أعني أحبها حقاً هنـا. الشتاء قاسٍ والراتب ليس جيداً، ولكن حين يكون الأمر جيداً، إنه -» قاطع نفسه كي يشير إلى فجوة بعيدة في سلسلـة جبال إلى الغرب، انكشفت في مـدى بصرنا حين بلغنا مرتفعاً. أخبرني أن الجبـال كانت تعرف باسم جالاتينز. «إن الفجـوة تبلغ ستين أو سبعين ميلاً. لم يفهم أحد لوقت طويل سبب وجود فجوة كهذه، ثم أدرك بوب كريستاينسن أن سبب وجودها هو انفجار الجبال. حين يمحى ستون ميلاً من الجبل تعرف أنك تتعامل مع شيء قوي. استغرق كريستيانسن ستة أعوام كي يستنتج هذا».

سألته ما الذي جعل يلوستون تنفجر حين حدث هذا.

«لا أعـرف. لا أحد يعرف. البراكين أمور غريبـة. فنحن لا نفهمها كلها في الواقع. كان فيزوف في إيطالية ناشطاً مدة ثلاث مئة عام إلى أن حدث الانفجار في 1944 ثم توقـف. لقد صمت منذ ذلك الوقت. يعتقد بعض علماء البراكين أنه يعيد شحن نفسه بطريقـة كبيرة، وهذا يدعو إلى القلق؛ لأن مليوني شخص يعيشون في جواره. ولكن لا أحد يعرف».

«وكم من التحذير ستتلقى إذا انفجرت يلوستون؟

هــز كتفيه. «لا أحد كان في الجوار حين انفجر آخر مرة، ولهذا لا أحد يعرف ما هــي إشارات التحذير. ربما سيحصل حشد من الــزلازل وارتفاع ما للسطح، وربما بعض التغــيرات في أنماط سلــوك الينابيع الحــارة وفتحات البخــار، ولكن لا أحد يعرف في الحقيقة».

«من الممكن أن ينفجر إذاً دون تحذير؟»

هــز رأسه مفكــراً. قال: إن المشكلة هــي أن كل الأمور التي تشــكل إشارات تحذير توجــد سابقــاً بقياس ما في يلوستــون. «الزلازل هي عادة نُذر انفجــار البركان، ولكن حدثت كثيرٌ من الزلازل سابقاً في المنتزه: وقع 1260 منها العام الماضي. كان معظمها ضعيفاً لا يُشعر به، ولكنها مع ذلك زلازل».

إن تغــيّراً في نمــط الانفجــارات يمكــن أن يقرأ أيضــاً كإشارة – كما قــال – ولكن هــذه تتنوع بشــكل لا يمكن التنبؤ به. مــرة كان أكثر نبع حار شهــرة في المنتزه هو نبع إكسيلسيــور. كان ينفجــر بانتظــام وبشكل كبــير إلى ارتفاع 100 مــتر، ولكنه هدأ في 1988. ثــم انفجــر في 1985 ثانيــة إلى ارتفاع 25 مــتراً. إن نبع ستيمبــوت الحار هو أكــبر نبــع في العالم حين ينفجر، يطلق الماء على ارتفاع 120 متراً، ولكن الفواصل بين انفجاراتــه تراوحت من أربعــة أيام إلى خمسين عاماً تقريباً. قــال دوس: «إذا انفجر الآن مرة أخرى الأسبوع القادم، فلن يقول لنا هذا أي شيء مطلقاً عما يمكن أن يفعله الأسبوع الآتي، أو الذي بعده أو بعد عشرين سنة من الآن. إن المنتزه كله متقلّب، بحيث إنّه من المستحيل جوهرياً استنتاج أي شيء من كل ما يحدث».

لــن يكون مــن السهل إجلاء ســكان يلوستون. يأتــي إلى المنتزه ثلاثــة مليون زائر سنوياً، وخصوصاً في أشهر الصيف الثلاثة. إن طرق المنتزه قليلة نسبياً وجُعلت ضيقة قصداً مــن أجل إبطاء وسائط النقل ومن أجل الحفاظ على جو المنظر وجماله، ومن أجــل القيود الطبوغرافية. وفي أوج الصيف يمكن أن يستغرق الأمر نصف نهار لعبور المنتزه وساعات للوصول إلى أي مكان داخله. قال دوس: «أينما يرى النــاس الحيوانات يتوقفون، أينما كانوا. لدينا ازدحام دببة، وازدحام ثيران، وازدحام ذئاب».

في خريف عام 2000 اجتمع ممثلون من المسح الجيولوجي الأميركي وخدمة المنتزه القومي مع بعض الأكاديميين وشكلوا ما يُدعى بمرصد يلوستون البركاني. وكانت أربع من هــذه الهيئات موجودة سابقاً في هاواي وكاليفورنيــة وألاسكة وواشنطن ولكن من الغريــب أنها لم تكن موجــودة في أكبر منطقة بركانية في العــالم. إن مرصد يلوستون الجيولوجــي ليس في الواقــع فكرة، أو اتفاقاً لتنسيق الجهــود في دراسة وتحليل البنية الجيولوجية المتنوّعة للمنتزه. كانت إحدى مهماتها الأولى وضع «خطة لمواجهة مخاطر الزلازل والبراكين»، خطة عمل للتعامل مع الأزمات.

قلت: «ألا توجد واحدة سابقاً؟».

ابتسم: «حسناً، لنقل: إنها لم تعد موجودة الآن».

حالمــا وُضعــت الخطة طُلــب من ثلاثــة رجــال: كريستسانســن في منتــزه مينلو، كاليفورنيــة، البروفسور روبرت ب. سميث في جامعة أوتاه ودوس في المنتزه أن يدرسوا درجة الخطر الناجمة عــن أي جائحة محتملة وينصحوا مدير المنتزه. سيتخذ المدير القــرار إن كان يجــب إخــلاء المنتــزه. بالنسبــة للمناطــق المحيطــة، لا يوجد خطط. ستعتمــدون علــى أنفسكــم حالمــا تخرجون مــن الحديقة ولــن يكون هنــاك كثيرٌ من المساعدة إذا كان انفجار يلوستون هائلاً.

يمكــن أن يمر عشرات الآلاف من السنين قبل أن يأتي هذا اليوم. ويعتقد دوس أن يومــاً كهــذا يمكــن ألا يأتي مطلقاً. قــال: «إن وجود نمــوذج في الماضــي لا يعني أنه لا يــزال صحيحاً. ثمــة بعض الأدلة بأن النموذج يمكن أن يكــون سلسلة من الانفجارات الكارثيــة، ثم مدة طويلة من الهدوء. يمكن أننــا فيها الآن. والدليل على ذلك الآن هو أن معظم غرفة الماغما تبرد وتتبلّر. إنها تُطلق موادها المتطايرة؛ وتحتاجون إلى رؤية هذه المواد؛ كي تعرفوا أن الانفجار سيحدث».

هنــاك أيضاً كثــير من الأخطار الأخرى في يلستون وحولهــا، كما أوضح الدمار في ليلــة 17 آب 1959، في مكان يُدعى بحــيرة هيبجين خارج المنتزه تماماً. قبل منتصف الليــل بعشرين دقيقة في ذلــك التاريخ، ضرب زلزال كارثي هيبجــين. كان بقوة 7.5،

لم يكـن نطاقـه واسعـاً كما تحدث الـزلازل، وإنما متقطـع وعنيف جـداً بحيث انهار جانـب الجبل. كان هذا في أوج الموسم الصيفي، بالرغم من أنه لحسن الحظ لم يكن يذهـب كثير من النـاسـ إلى يلوستون في تلك الأيام كما الآن. اندفع ثمانون مليون طن مـن الصخـور، بسرعة تتجاوز 160 كيلومتراً في الساعة، بعـد أن سقطت من الجبل، وتحركت بقوة وزخم بحيث إنّ قمة الانزلاق الأساسية جرت على ارتفاع 120 متراً فوق جبـل في الجانـب الآخر من الوادي. كان يقع في الطريق جزء من أرض خاصة بنصب الخيـام في روك كريـك. قُتل 28 مخيّماً ودُفن تسعة عشـر منهم عميقاً بحيث لم يُعثر عليهـم أبـداً. كان الدمار سريعاً وماكـراً بشكل يحطم القلب. نجـا ثلاثة إخوة كانوا نائمـين في خيمة واحدة أمـا الأب والأم، اللذان كان ينامان في خيمة أخرى فقد جُرفا ولم يُشاهدا بعد ذلك.

قال دوس: «إن زلزالاً كبيراً سيحدث مرة ثانية. لا تستطيع الاعتماد على هذا. هذه منطقة صدوع للزلازل».

وبالرغـم من زلزال هيبجين والأخطار الأخـرى المعروفة، فإن يلوستون لم تحصل على مرجافات دائمة حتى السبعينيات.

إذا كنتـم بحاجة إلى طريقة لفهم عظمة وعنـاد العمليات الجيولوجية، فبوسعكم أن تفعلـوا ما هو أسوأ مـن التفكير بجبال تيتونز، السلسلة الوعـرة جداً التي تقع إلى الجنـوب مـن منتـزه يلستون القومـي. منذ تسعة ملايـين عام، لم تكن جبـال تيتونز موجـودة. كانـت الأرض التي حول (جاكسـون هول) سهلاً عشبيـاً مرتفعاً. ثم انفتح صـدع بطول 64 كيلومـتراً داخل الأرض ومنـذ ذلك الوقت، ومـرة كل تسع مئة عام، يحـدث زلزال كبير في تيتونز، ما يكفي كي يرفعها متريـن آخرين. وصل هذا التقبّب المتكرر، مع مرور الدهور التي رفعتها إلى ارتفاعاتها المهيبة، إلى 2000 متر.

إن التسـع مئة عام معدل مضلل نوعاً ما. وكما قال روبرت ب. سميث ولي ج.سيغل في كتـاب نوافذ على الأرض، وهـو يتحدث عن التاريخ الجيولوجـي للمنطقة: إن آخر زلـزال رئيسـ في تيتونز حدث منذ مـدة تقدر بين خمسة آلاف وسبعـة آلاف سنة. إن تيتونز هي أكثر مناطق العالم تعرضاً للزلازل تقريباً.

إن انفجـار الميـاه الحارة يشكل هـو أيضاً أخطاراً كبيرة. يمكـن أن يحدث في أي وقت، وفي أي مكان ودون إمكانية للتنبؤ به. قال لي دوس بعد أن شاهدنا انفجار أولد فيثفول: «أنت تعرف أنه لدينا خطة لإدخال الناس إلى أحواض المياه الحارة. هذا ما يأتـون لرؤيته. أتعرف أن هناك حمّات وينابيـع في يلوستون أكثر مما يوجد في أنحاء العالم كلها؟».

«لا أعرف هذا».

هزّ رأسه. «عشرة آلاف منها، ولا أحد يعرف متى تظهر فتحة جديدة».

ذهبنـا بالسيارة إلى مكان يُدعى بحيرة البط، وهي بعرض مئتي متر. قال: «تبدو آمنـة بشكل كامل. إنها مجرّد بركة كبيرة. ولكن هذه الحفرة الكبيرة لم تكن هنا. في وقـت ما في الخمسة عشر ألف سنة الأخيرة حـدث انفجار هائل فيها. ستحصل على عشـرات الملايين مـن الأطنان من التربة والصخـور والماء المسخّـن إلى درجة فائقة للعـادة تنفجـر بسرعة أعلى من سرعـة الصوت. بوسعك أن تتخيـل كيف ستكون إذا حدثـت في الأسفـل، لنقل في منطقة صف السيارات في أولـد فيثفول أو في أحد مراكز الزوار». كان على وجهه تعبير حزين.

«هل سيكون هناك أي تحذير؟».

«كلا علـى الأرجح. حـدث آخر انفجار كبير في المنتزه في مـكان يدعى حمّة بورك تشـوب في 1989. خلّـف الانفجار حفـرة عرضها خمسة أمتار. ليسـت كبيرة، ولكنها كبـيرة بما يكفي إذا كنت تقف هناك وقت الانفجار. لحسن الحظ، لم يتأذّ أحد ولكن هذا حدث دون تحذير. وفي الماضي البعيد حدثت انفجارات أحدثت حفراً بعرض ميل. لا أحـد يستطيع إخبارك أيـن ومتى يمكن أن يحدث هذا مرة أخـرى. عليك فقط أن تأمل أنك لا تقف هناك حين يحدث هذا».

تشكّل انهيارات الصخور الكبيرة خطراً أيضاً. حدث انهيار كبير في وادي جاردينر في 1990، ولكن لحسن الحظ لم يتأذّ أحد. وفي أواخر بعد الظهر، زرت أنا ودوس مكاناً يتدلى فيه صخر في الأعلى فوق طريق منتزه مزدحم. كانت الشقوق واضحة. قال دوس وهو يفكّر: «يمكن أن تنهار الصخور في أي وقت».

«أنــت تمــزح»، قلــت لـه. لا تمــر لحظـة إلا وتعــبر تحتها سيارتــان مكتظتان بالمخيّمين السعيدين.

أضــاف: «آه، إنــه من غير المرجّــح. أنا أقول: إنه يمكن أن ينهــار. ويمكن أن يبقى هكـذا لعقود. لا تستطيــع أن تعرف فحسب. على النـاس أن يقبلــوا أن المجيء إلى هنا ينطوي على مجازفة. هذا هو كل ما في الأمر».

فيما كنا نسير عائدين إلى عربته كي نرجع إلى ينابيع ماموث الحارة، أضاف دوس: «إلا أن الأمــور السيئة تحدث في معظم الأوقات. إن الفتحات الجديدة لا تنفتح فجأة. فبالرغم من كل عدم الاستقرار هذا، فإنها هادئة بشكل مذهل ولافت للنظر».

قلت: «كالكوكب الأرضي».

وافقني: «بالضبط».

إن الأخطار في يلوستون تهدد الموظفين كما تهدد الزوّار. وقد فهم دوس هذا بشكل مخيــف في أسبوع عمله الأول منذ خمس سنوات. ففــي وقت متأخر في إحدى الليالي، كان ثلاثــة موظفين شبان يعملون في إجازة الصيف منخرطين في نشاط غير قانوني، يُعــرف باســم السباحة في القــدور الحارة أو التدفــؤ فيها. وبالرغم مــن أن المنتزه لا يعلن عن هذا لأسباب واضحة، فليست البرك جميعها في يلوستون حارة بشكل خطر. بعضهــا مناســب للاستلقاء فيه، وكان من عــادة بعض الصيفيــين أن يقوموا بغطسة في وقــت متأخــر من الليل، بالرغم مــن أن هذا كان مخالفاً للقواعــد المتبعة. وبسبب حماقــة الثلاثي لم يأخــذوا معهم مشعلاً كهربائياً، وكان هــذا في غاية الخطورة؛ لأن معظــم التربة حــول البرك الدافئة هشــة ورقيقة، ويمكن أن يسقط المــرء بسهولة في فتحة حارقة في الأسفل. على أي حال، حين عادوا إلى غرفتهم، عثروا على جدول كان عليهــم أن يقفزوا فوقه في وقت أبكــر. تراجعوا بضع خطوات، شابكوا أذرعتهم، وبعد أن عدوا إلى ثلاثة قفزوا راكضين. غير أن هذا لم يكن الجدول في الواقع. كان البركة التي تغلي. ففي الظلام فقدوا الاتجاه. وهلك الثلاثة.

فكــرت في هــذا في الصبــاح اللاحق وأنا أقــوم بزيارة قصيرة -حــين كنت أغادر المنتــزه- إلى مــكان يُدعى بركة إميرالد، في حوض الحمــة الأعلى. لم يكن لدى دوس

الوقت كي يأخذني إلى هناك في اليوم السابق، ولكنني اعتقدت أنني يجب أن ألقي نظرة عليها على الأقل، ذلك أن إميرالد بول موقع تاريخي.

في عام 1965 قام فريق من علماء البيولوجيا مؤلف من زوج وزوجة هما توماس ولويز بروك بأمر جنوني فيما كانا في نزهة صيفية. جرفا بعض الأوساخ الصفراء التي تميل إلى اللون البني التي تحف بالبركة وفحصا إن كان فيها حياة. ومما سبب دهشتهما العميقة ودهشة العالم كله، أنها كانت مليئة بالميكروبات الحية. عثرا على أول إكستريموفايلز extremophiles في العالم، وهي متعضيّات يمكن أن تعيش في الماء الذي افتُرِض سابقاً أنه حار جداً أو حمضي أو مليء بالكبريت بحيث لا يحتوي على حياة. كانت (إميرالد بول) -بشكل لافت- كل هذه الأشياء، غير أن نمطين من الأشياء الحية، هما سولفولوبس أسيدوكالداريوس Sulpholobus acidocaldarius وثيرموفيلوس أكواتيكوس Thermophilus aquaticus، كما صارا يُعرفان، وجداها ملائمة. افتُرِض دوماً أنه لا شيء يمكن أن يحيا في درجة حرارة أعلى من 50 درجة مئوية، ولكن كان هناك متعضيات تتدفأ في مياه عفنة حمضية، درجة حرارتها أعلى بمرتين.

ولمدة عشرين عاماً تقريباً، بقيت بكتيريا جديدة، وهي ثيرموفيلوس أكواتيكوس Thermophilus aquaticus، شيئاً مثيراً للفضول في المخابر إلى أن أدرك عالم في كاليفورنية يدعى (كاري ب. موليز) أن الإنزيمات المقاومة للحرارة، التي في داخلها يمكن أن تُستخدم لصناعة سحر كيميائي يعرف باسم تفاعل متسلسل متبلمر* polymerase chain reaction، مما يسمح للعلماء بتوليد كثير من الـ(DNA) من كميات صغيرة جداً، صغيرة كجزيء واحد في أوضاع مثالية. إنه نوع من التناسخ الجيني، وصار أساس علم الوراثة اللاحق كله، من الدراسة الأكاديمية إلى عمل الشرطة الجنائية. وهذا جعل موليز يفوز بجائزة نوبل للكيمياء في 1993.

* شكل من التفاعل تُحدث فيه الجزئيات السباقة إلى التفاعل حالة معيّنة كإطلاق الطاقة مثلاً، تسبّب تفاعل جزيئات أخرى، وبهذه الطريقة تنشأ سلسلة من التفاعلات تتتابع حتى تُستهلك المادة المتاحة كلها.

في غضـون ذلـك، كان العلماء يكتشفون ميكروبات أكـثر صلابة تُعرف الآن باسم هايبرثيرموفايلس hyperthermophiles، تتطلب 80 درجة حرارة مئوية أو أكثر. إن أسخـن متعض عُثر عليه حتى الآن -بحسـب فرانسيس أشكروف في كتابها الحياة في الأطـراف القصوى- هو بايرولوبوس فومـاري Pyrolobus fumarii، الذي يحيا على جـدران فتحات المحيـط حيث يمكن أن تصل الحـرارة إلى 113 درجة مئوية. ويعتقد أن الحـد الأعلى للحياة هـو 120 درجة مئوية، بالرغم من أنـه لا أحد يعرف بالفعل. علـى أي حـال، لقد غيرت مكتشفات الزوجين بروك بشـكل كامل فهمنا للعالم الحي. كمـا عبّر عالم ناسا جي بيرجستراهل Jay Bergstrahl عن الأمر: «أينما ذهبنا على الأرض حتـى فيما يبدو مثـل البيئات الأكثر عـداء للحياة نعثر على الحيـاة طالما أن هناك ماء سائلاً ومصدراً ما للطاقة الكيميائية».

تبيّن أن الحياة هي أكثر ذكاء وتكيفاً بكثير مما افترضه أي شخص. وهذا أمر جيد جداً؛ لأننا -كما سنرى- نحن نعيش في عالم لا يبدو أن كله يريدنا أن نكون هنا.



الباب الخامس

الحياة نفسها

كلما فحصت الكون ودرستُ تفاصيل هندسته كلما عثرت على دليل بأن الكون كان يعرف بطريقة ما أننا قادمون.

فريمان دايسون

الفصل السادس عشر

كوكب وحيد

ليس من السهل أن تكون متعضّياً. وبقدر ما نعرف حتى الآن، هناك مكان واحد في الكون فحسب – موقع واحد في الطريق اللبنية غير واضح يُدعى الأرض – سيبقيك حياً لكن من الممكن أن يضنَّ عليك أيضاً.

من قاع أعمق حفرة في المحيط إلى قمة أعلى جبل، إن المنطقة التي تشمل الحياة المعروفة كلها هي بسماكة 20 كيلومتراً فقط. وهذا ليس كثيراً إذا قيست باتساع الكون.

هذا أسوأ بالنسبة لنا نحن البشر؛ لأنه صادف أننا ننتمي إلى الأشياء الحية التي اتخذت القرار المتهوّر، والمغامر منذ 400 مليون سنة كي تزحف خارجة من البحار وتصبح بريّة ومتنفّسة للأوكسجين. ومن ثمّ، ما لا يقل عن 99,5% من حجم العالم القابل للسكن، بحسب أحد التقديرات، هو جوهرياً –من زاوية عملية بشكل كامل– محظور علينا.

ليس السبب لأننا لا نتنفّس في الماء فحسب، وإنما لأننا أيضاً لا نستطيع تحمّل الضغط. لأن الماء أثقل من الهواء بنحو 1,300 مرة، يرتفع الضغط بسرعة فيما أنتم تهبطون بما يعادل جويّة* واحدة على عمق كل 10 أمتار. أما على اليابسة، إذا صعدتم إلى قمة ارتفاعها 150 متراً كاتدرائية كولونيا أو الصرح التذكاري في واشنطن فإن التغيّر في الضغط سيكون ضئيلاً وغير قابل للتمييز. أما على عمق 150 متراً تحت الماء –على أي حال– فستتمزّق شرايينك وتُضغط رئتاك وتصيران بحجم علبة كولا. ومن المفاجئ أن الناس يقومون طوعياً بالغوص إلى أعماق كهذه، دون أجهزة تنفّس، من أجل التسلية، في رياضة تُعرف باسم الغطس الحر. وعلى ما يبدو، يُعتقد أنّ تجربة

* وحدة ضغط تعادل ضغط الهواء عند سطح البحر، أو 14,69 رطلاً إنكليزياً في الإنش المربع. المترجم.

تشويه أعضائك الداخلية بشكل سيئ منعشة (بالرغم من أنها على ما يُفترض ليست منعشــة مثل جعلها تعود إلى أبعادها السابقة لدى الخروج إلى السطح). للوصول إلى أعماق كهذه، يجب أن يُجر الغطاسون إلى الأسفل، وبخفّة، بالأثقال. كان العمق الذي استطــاع أي شخصــ أن يصــل إليه دون مساعدة وعاد كي يتحــدث عنه هو 72 متراً، وهــذا إنجاز كبير حققــه إيطالي يُدعى أمبرتــو بليزاري، الذي غاصــ في 1992 إلى ذلــك العمــق، بقي جزءاً من مليون من الثانية ثم اندفع عائداً إلى السطح. ومن زاوية أرضية، إن 72 متراً هي أقصر بقليل من رمية كرة. وهكذا حتى في أكثر أعمالنا حيوية وإثارة بالكاد نستطيع الزعم أننا سادة الهاوية.

تستطيع متعضّيات أخرى بالطبع أن تتعامل مع الضغط في الأعماق، بالرغم من أنه لا يــزال لغزاً كيف يستطيع بعضها أن يفعل ذلك. إن أعمق نقطة في المحيط الهادئ هي خندق ماريانا. هناك -على عمق 11.3 كيلومتر في الأسفل- يرتفع الضغط إلى 16 ألف رطــل في كل إنشــ مربّع. وقد نجحنا مرة واحدة فقط -ولوقــت قصير جداً- في إرسال البشــر إلى ذلك العمــق في غواصة قويّة، ومع ذلك اكتُشف أنهــا مستعمرات لمزدوجات الأرجل، وهي نوع من القشريات الشبيهة بالقريدس، ولكنها شفّافة، تحيا دون أي حماية مطلقــاً. إن معظم المحيطات هي بالطبع أقل عمقــاً، ولكن حتى على عمق 4 كيلومترات يعادل الضغط انسحاقك تحت كومة من أربع عشرة شاحنة محملة بالإسمنت.

يفترضــ الجميع تقريبــاً، بالإضافــة إلى مؤلفي بعضــ الكتب المشهــورة عن علم المحيطــات، أن الجسم البشري سيتفتــت تحت الضغط الهائل للمحيط العميق. إلا أن الأمــر لا يبــدو في الواقع هكذا. ولأننــا مصنوعون من الماء بشكل كبــير، ولأن الماء هو «غــير قابل للانضغاط» -كما عــبّر فرانسيس آشكروفت من جامعــة أكسفورد- «فإن الجســم يبقى في الضغط نفســه كالماء المحيط، ولا يُسحق في العمــق». فالغازات التي داخل الجسم -وخصوصاً في الرئتين- هي التي تسبب المشكلة. فهذه تنضغط بالرغم مــن أنــه من غير المعــروف في أي نقطة يُصبح هذا الضغط قاتــلاً. واعتُقد حتى وقت متأخــر أن أي شخص يغوص إلى عمق 100 مــتر أو ما يقارب ذلك، سيموت من الألم بما أن رئتيه تنفجران نحو الداخل أو ينهار جدار صدره، ولكن الذين يقومون بالغطس

الحـر برهنوا مراراً على ما يخالف ذلك. ويبـدو -كما يقول آشكروفت- كأن: «البشر يمكن أن يشبهوا الحيتان والدلافين أكثر مما هو متوقع».

يمكن أن تكون أمور كثيرة أخرى خطأ. ففي أيام بزات الغطس ذلك النوع الذي يتم وصلـه إلى السطح بخراطيم طويلة، كان الغطاسـون يعانون أحياناً من ظاهرة مقيتة تُدعـى «العصـر». كان هذا يحصل حين تُعطّـل مضخّات السطـح، مؤدّية إلى فقدان كارثـي للضغط في البزة. يترك الهواء البزة بعنف، بحيـث إنّ الغطاس السيئ الحظ سيُمتص من الخوذة وأنبوب الخرطوم. حين يُرفع إلى الأعلى، «كل ما يبقى من البزة هـو عظامه وبعض قطع لحمه»، كما قال عالم البيولوجيـا ج.ب.س هالدن في 1947، مضيفاً كي يبدّد الشكوك: «لقد حدث هذا».

(والجديـر بالذكر أن خوذة الغطس التـي صمّمها إنكليزي يُدعى تشارلز دين، لم تكـن تهدف إلى الغطس وإنمـا لإطفاء الحريق. دُعيت «خوذة الدخـان»، لكنها كانت حـارة وثقيلـة لأنها مصنوعة مـن المعدن؛ وكما اكتشف دين في الحـال، لم يكن رجال الإطفـاء متلهفين لدخول الأبنيـة المشتعلة في أي نوع من أنـواع اللباس، وخصوصاً في شـيء يسخن كركوة ويضايقهم في أثناء العمـل. وفي محاولة لإنقاذ استثماره، جربها دين تحت الماء واكتشف أنها مثالية للإنقاذ من الغرق).

إن مـا يثـير الرعب الحقيقي في الأعمـاق هو الآلام الحادة وصعوبـة التنفس ليس لأنهـا غير سارة -بالرغـم من أنها كذلك بالطبـع- بقدر ما لأنهـا مرجحة أكثر. إن الهـواء الذي نتنفّسه يحتوي علـى 80% من النتروجين. ضـع الجسم الإنساني تحت الضغط، فيتحول ذلك النتروجين إلى فقاعات صغيرة تهاجر إلى الدم والأنسجة. إذا تغـيّر الضغط بسرعة كما لدى الصعود السريع لغطّاس، فإن الفقاعات العالقة داخل الجسم ستبدأ بالفوران على غرار زجاجة شمبانيا لدى فتحها، سادّةً الأوردة الدموية الصغيرة، ومجردة الخلايا من الأوكسجين ومسببة ألماً كبيراً بحيث إنّ المعانين يتلوّون من الألم الشديد المضاعف.

كانـت هذه الآلام الحـادّة تشغل الغطاسين مـن أجل صيد الإسفنـج واللآلئ منذ الزمـن القـديم، ولكنها لم تلفـت انتباهاً كثـيراً في الغرب حتى القـرن التاسع عشر،

وحينها كانت تحدث بين أشخاص لم يتبللوا إطلاقاً (أو على الأقل، غير مبللين جداً ولا يقفون في الماء عادة إلى فوق الكاحلين). كانوا عمال البناء تحت الماء. كانت القيسونات حجرات صامدة أمام الماء تُستخدم للبناء تحت المياه. وهي مملوءة بالهواء المضغوط، وحين كان العمال يخرجون بعد مدة مطولة من العمل تحت هذا الضغط الاصطناعي، كانوا يعانون من أعراض خفيفة كالوخز أو الحكة وشعر بعضهم بألم حادّ في المفاصل، وكانوا ينهارون من الألم، ويموتون في أحيان أخرى.

كان هذا محيّراً جداً. كان العمال يذهبون أحياناً إلى النوم شاعرين بالراحة، ولكنهم كانوا يستيقظون مشلولين. وكانوا لا يستيقظون مطلقاً في أحيان أخرى. روى آشكروفت قصة عن مديري نفق جديد تحت نهر التيمز أقاموا مأدبة احتفالية حين اكتمل النفق. ومما سبب رعبهم أن الشمبانيا لم تفر حين فتحت في الهواء المضغوط للنفق. على أي حال، حين خرجوا أخيراً إلى الهواء النقي في مساء لندني، اندفعت الفقاعات فوراً إلى الفوران، مقويّة عملية الهضم كما يُذكر.

وإذا ما غضضنا الطرف عن تجنب بيئات الضغط المرتفع، فليس هناك إلا إستراتيجيتين مضمونتين ضد الآلام الحادة وضيق التنفّس: الأولى هي معاناة التعرض لتغيرات في الضغط لوقت قصير جداً. لهذا السبب يستطيع الغطاسون الأحرار - الذين ذكرتهم في السابق- الغوص إلى عمق 150 متراً دون تأثيرات مرضية. وهم لا يمكثون في الأسفل طويلاً بما يكفي كي ينحلَّ النتروجين في أنظمتهم ويدخل أنسجتهم. إن الحلول الأخرى هي الصعود بعناية على مراحل. يسمح هذا للفقاعات الصغيرة بأن تنحلّ دون أن تسبب أذى.

يعود الفضل في جزء كبير مما نعرفه عن النجاة من الأخطار إلى الفريق الفائق للعادة المؤلف من الأب والابن (جون سكوت وج.ب.س هالدن). كان الاثنان غريبين بشكل مدهش حتى وفقاً للمعايير المتطلّبة للمفكرين البريطانيين. وُلد هالدن الأب في 1860 لأسرة أسكتلندية أرستقراطية (كان أخوه الفسكونت هالدن)، ولكنه أمضى معظم حياته المهنية كأستاذ متواضع لعلم وظائف الأعضاء في أكسفورد. كان مشهوراً بشروده. مرة، بعد أن أرسلته زوجته إلى الطابق العلوي؛ كي يبدل ثيابه من أجل حفل

عشـاء، لم يعد واكتُشف أنه كان نائماً في سريـره بالبيجاما. حين نهض، شرح هالدن أنـه وجد نفسه يتعـرى مفترضاً أنه وقت النـوم. كانت فكرته عـن العطلة هي السفر إلى كورنـوال لدراسة داء الأنسيلوستوما لدى عمـال المناجم. وسخر ألدوس هكسلي، الروائـي وحفيـد ت.هـ. هكسلـي، الذي عاش مـع آل هالدن مدة منـه بشكل لا يرحم وسماه العالم إدوارد تانتماونت في رواية نقطة ضد نقطة.

كانـت هبة هالـدن للغطس هي أن يعمل علـى أوقات الاستراحـة الضرورية لتدبر الصعـود من العمق دون حدوث الآلام الحـادة والصعوبة في التنفس، ولكن اهتماماته تجاوزت علم وظائف الأعضـاء (الفسيولوجيا) إلى دراسة داء الارتفاع لدى متسلقي الجبـال، وضربة الشمـس في المناطق الصحراويـة. كان له اهتمام خاصـ بتأثيرات الغـازات السامـة على الجسم البشري. وكي نفهم بدقة أكـبر كيف تقتل تسربات أول أكسيـد الكربـون عمال المناجـم، سمم نفسـه منهجياً، وقام بسحـب عينات من دمه وقاسهـا بدقة. وتوقف حـين كان على وشك فقدان السيطـرة العضلية ووصل مستوى التشبّـع في دمه إلى 56%، وهـو مستوى -كما قال تريفور نورتـون في كتابه الممتع عن تاريخ الغطس، «نجوم تحت البحر»- لا يفصله عن الهلاك سوى جزء يسير.

إن ابـن هالدن، جاك، الذي تعرفـه الأجيال اللاحقة باسم (ج.ب.س)، كان عبقرياً لافتاً للنظر اهتم بعمل والده منذ الصغر تقريباً. وفي سن الثالثة سُمع وهو يطلب من والده بإلحاح: «ولكن هل هو الهيموغلوبين المؤكسج أم الهيموغلوبين المكربن؟» في أثناء شبابه، ساعـد هالـدن والده في التجارب. وفي أثنـاء مراهقته، اختبر الاثنـان الغازات والأقنعة الواقية منها، وقاما بالأمر بالدور؛ كي يعرفا كم يستغرق الأمر كي يغمى عليهما.

وبالرغم من أن ج.ب.س هالدن لم يحصل على أي شهادة في العلم (درس الآداب الكلاسيكية في أكسفورد)، فإنه صار عالماً متألقاً بطريقته الخاصة، وكان يعمل معظم الوقـت للحكومة في كمبريدج. دعاه عالم البيولوجيا بيتر ميداوار، الذي أمضى حياته في مشفـى أولمبيان للأمراض العقلية «أذكى رجل سبـق أن التقيت به». سخر هكسلي مـن هالدن الشاب في روايته (آنتيك هـي) Antic Hay، ولكنه استخدم أيضاً أفكاره عـن التلاعب الجينـي بالبشر كأساس لحبكـة روايته العالم الجديـد الطريف. وبين

إنجـازات أخرى كثيرة، أدى هالـدن دوراً محورياً في مزاوجة المبـادئ الداروينية مع العمل الجيني لغريغور منديل، لإنتاج ما يعرفه علماء الجينات الحديثون باسم المركّب الحديث Modern Synthesis.

وجـد هالدن الشاب الحـرب العالمية الأولى «تجربة ممتعة جـداً»، بخلاف البشر أجمعـين، وأقر علناً أنه «استمتـع بفرصة قتل البشر». جُرح مرتين، وبعد الحرب صار داعيـة شعبيـاً ناجحاً للعلم وألّف 23 كتاباً (وأكثر من 400 بحث علمي). لا تزال كتبه قابلـة للقراءة ومفيدة جداً، بالرغم من أنـه ليس من السهل العثور عليها دائماً. صار أيضـاً ماركسيـاً متحمساً. واقترح -ليس بشكل ساخر تمامـاً- أن هذا كان ناجماً عن طبيعـة تناقضية محضة وأنه لو ولـد في الاتحاد السوفييتي لكان ملكيّاً الهوى. على أي حال، ظهرت معظم مقالاته أولاً في الصحيفة الشيوعية الـ(ديلي ووركر).

وبينمـا انصبّـتْ اهتمامات والـده الرئيسة علـى المعدِّنين والتسمّـم، صار الشاب هالـدن مهووسـاً بإنقـاذ الغواصـات والغطاسـين من أخطـار عملهـم. وبتمويل من الأميرالية صمّم غرفة لإزالة الضغط دعاها «إناء الضغط». كانت عبارة عن أسطوانة معدنية يمكن أن يخدم فيها ثلاثة أشخاص كل مرة، ويخضعون لاختبارات من أنماط مختلفة، كلها مؤلمة وخطرة. يمكن أن يطلب من المتطوعين الجلوس في المياه المتجمدة، بينمـا يتنفسـون في «جو فاسـد»، أو يتم إخضاعهـم لتغيرات سريعـة في الضغط. في إحـدى التجارب، قام هالدن نفسه بخـروج سريع خطر من الغوص؛ كي يرى ما الذي سيحدث. ما حدث هو أن الحشوات السنية لديه انفجرت. كتب نورتون: «إن التجارب جميعها تقريباً انتهت بنوبة، من النزف أو التقيؤ». كانت الغرفة عازلة للصوت، وكانت الطريقـة الوحيدة للذين في داخلها كي يشيروا إلى أنهم غير مرتاحين، أو متألمين هي أن يقرعوا باستمرار على جدار الغرفة، أو يرفعوا إشارة إلى نافذة صغيرة.

وفي مناسبة أخرى، وبينمـا كان يسمم نفسه بمستويات مرتفعة من الأوكسجين، أصيب هالدن بنوبة كانت حادة إلى درجة أنه سحق فقرات عدة. كان انهيار الرئتين مـن الأخطـار الشائعـة. وكان انثقاب غشاء الطبـل شائعاً أيضاً؛ ولكـن، كما يشير هالـدن بكل ثقـة في إحدى مقالاته: «إن غشاء الطبل يشفـى عادة؛ وإذا بقي الثقب،

فـإن المـرء يصاب بالصمم نوعاً ما، لكنه يستطيـع أن يخرج دخان التبغ من الأذن، وهذا إنجاز اجتماعي».

ما كان فائقاً للعادة حيال هذا هو أن هالدن لم يكن يرغب في إخضاع نفسه لمجازفات وأخطار كهذه في ملاحقة العلم، وإنما لم يجد مشكلة في التحدث مع زملائه وأحبائه، والطلـب منهم أن يدخلوا إلى الغرفة أيضاً. ومرة حين طلب من زوجته القيام بصعود تجريبـي أصيبت بنوبة استمرت ثلاث عشرة دقيقة، ثـم أوقفها على قدميها وأرسلها إلى المنـزل؛ كـي تعد العشاء. وظّـف هالدن بسعادة كل من صـادف وكان حوله، ومن المناسبات المشهورة أن رئيس وزراء أسبانية خوان نغرين شكا فيما بعد من وخز ثانوي و«إحساس مدغدغ غريب على شفتيـه» ولكنه نجا دون أذى. ربما عدّ نفسه محظوظاً جداً. وتركت تجربه أخرى في الحرمان من الأوكسجين هالدن دون إحساس في ردفيه وأسفل عموده الفقري لست سنوات.

وكان بـين اهتمامات هالدن كثيرة المحـددة الثمل بالنتروجـين. ولأسباب لا تزال مفهومـة بشكل محدود، يصبح النتروجين على عمق نحو 30 متراً مسكراً قوياً. وتحت تأثـيره كان مـن المعـروف أن الغواصين يقدمـون أنابيـب هوائهم لسمكـة عابرة، أو يقررون القيام باستراحة من أجـل التدخين. وقد أنتج أيضاً تقلبات مزاجية وحشية. وقال هالدن عن أحد الاختبارات: تذبذب «الشخص بين الكآبة والفرح، في لحظة كان يتوسـل كي يُحرّر مـن الضغط؛ لأنه شعر «بشعور مقيت وكريـه» وفي الدقيقة اللاحقة كان يضحك ويحاول التدخل في «اختبار براعة زملائه». ومن أجل قياس نسبة التدهور في الموضـوع يجب أن يدخل عالم إلى الغرفة مع المتطـوع؛ كي يقوم بحسابات رياضية بسيطـة. ولكن بعـد بضع دقائق –كما تذكـر هالدن فيما بعد– «يصبـح المختبِر ثملاً كالمُختَبَر، وغالباً ما ينسى أن يشغّل ساعة التوقيت، أو تدوين الملاحظات الملائمة». إن سبب الثمل لا يزال لغزاً حتى الآن. أعتقد أنه يمكن أن يكون الشيء نفسه الذي يسبّب السُكر من الكحول، ولكن بما أنه لا أحد يعرف بشكل مؤكد ما يسبب ذلك، فلسنا أكثر حكمـة. على أي حال –دون العنايـة الأكبر– من السهل الوقـوع في مشكلة حالما تغادر عالم السطح.

يعيدنا هذا إلى ملاحظتنا الأولى بأن الأرض ليست المكان الأسهل لوجود المتعضّي، حتـى لو كانـت المكان الوحيد. يحتـوي الجزء الصغير من سطـح الكوكب الجاف بما يكفي كي نقف عليه على قسمٍ كبير حار جداً أو بارد جداً أو جاف أو منحدر أو مرتفع بحيـث لا ينفعنا كثـيراً. ويجب أن نسلّـم، جزئيّاً، أنّ هذا خطؤُنا. ومـن زاوية القدرة علـى التكيّف لا فائدة للبشر بشكل مدهش. فعلى غرار معظم الحيوانات نحن لا نحب الأمكنة الحارة كثيراً، ولكن لأننا نتعرّق فإننا نخضع بسهولة للسكتات. نحن معرضون للخطـر بشكلٍ خاص. وفي أسوأ الظـروف حين يسير الناس دون ماء في صحراء حارة فإنّ معظمهم سيصـاب بالهذيان وبالإغماء، ومن المحتمل ألاّ ينهضوا ثانيةً لأكثر من سبع أو ثماني ساعات. ويأسنا ليس أقل من ذلك في البرد. فعلى غرار معظم الثدييات البشـر جيّدون في توليـد الحرارة، ولكن لأننـا تقريباً غير مشعريـن لسنا جيدين في الاحتفـاظ بهـا. فحتـى في الطقس الجيّد فـإنّ نصف الحريـرات أو السعـرات التي تحرقهـا تجعل جسدك دافئـاً. نستطيع بالطبع أن نواجه نقـاط الضعف هذه إلى حد كبـير عبر استخـدام الثياب والمأوى، ولكـن حتى هكذا فإن أقسـام الأرض التي نحن مهيّـؤون، أو قـادرون أن نعيش فيها هي قليلة بالفعل، إنها لا تمثّل إلا 12% من مساحة الأرض الكليّة وفقط 4% من السطح كلّه إذا شملت البحار. مع ذلك حين تفكرون في الأوضـاع في مكانٍ آخر من الكون المعروف، فما يثير العجـب ليس أننا نستخدم قليلاً مـن كوكبنـا، وإنما هـو أننا نجحنا في العثور علـى كوكبٍ نستطيـع أن نستخدم قطعةً منـه. عليكم فقط أن تنظـروا إلى منظومتنا الشمسيّة، أو إلى الأرض في أوقات معيّنةٍ من تاريخها، كي تدركوا أنّ معظم الأمكنة أكثر قسوة وأقل إمكانية للحياة من كوكبنا المائي الأزرق واللطيف.

اكتشـف علماء الفضاء حتى الآن نحو سبعين كوكباً خـارج المنظومة الشمسيّة من بـين عشرة بلايين ترليون كوكب، أو ما يقارب ذلك يُعتقد أنهم موجودون. وهكذا فإنّ البشـر لا يستطيعـون الزّعم بأنّهم يتحدّثون بدقة علمية عـن الموضوع، ولكن يبدو أنه إذا كنـت ترغب في الحصول على كوكب ملائم للحياة يجب عليك أن تكون محظوظاً، وكلما كانت الحياة أكثر تقدّماً كان عليك أن تكون أكثر حظّاً. حدّد راصدون مختلفون

اثنتين وعشرين من الاستراحات المحظوظة التي حصلنا عليها على الأرض، هذا مسح سريع وهكذا فإننا سنختصرها إلى الأربع الرئيسة.

موقع ممتاز. إننا على بعدٍ ملائم إلى درجة غريبة تقريباً من النوع الصحيح من الكواكب، وهو النوع الكبير بما يكفي كي يطلق كثيراً من الطاقة، ولكنه ليس كبيراً بحيث يحرق نفسه بسرعة. ومما يثير فضول الفيزياء أنه كلما كان النجم أكبر ازدادت سرعة احتراقه، فلو كانت شمسنا أكبر مما هي عليه بعشر مرات لاستنفدت نفسها بعد عشرة ملايين عام بدلاً من عشرة بلايين، ولما كنا هنا الآن. إننا محظوظون بأننا ندور في المكان الذي نحن فيه، فلو كنا أقرب بكثير لاحترق كل ما على الأرض، ولو كنا أبعد بكثير لتجمد كل ما عليها.

في عام 1978 قام عالم فيزياء فلكية يدعى مايكل هارت ببعض الحسابات، واستنتج أن الأرض ستكون غير قابلة للسكن لو كانت أبعد 1% أو أقرب 5% من الشمس، وهذا ليس كثيراً، وفي الحقيقة لم يكن كافياً. وقد عُدّلت الأرقام منذ ذلك الوقت وصارت أكثر كرماً 5% أقرب و15% أبعد اعُتقِدَ أنهما التقديران الأصح لمنطقة سكننا، ولكن هذا لا يزال حزاماً ضيّقاً*.

وكي نفهم كيف هو ضيّق، علينا فقط أن ننظر إلى كوكب الزهرة، فهو أقرب إلى الشمس بـ 25 مليون ميل منا. ويصل إليه ضوء الشمس قبلنا بدقيقتين. إن كوكب الزّهرة يشبه الأرض في حجمه وتركيبته ولكنّ الفارق القليل في المسافة المدارية هو المهم في الكيفيّة التي صار عليها. ويبدو أنه في أثناء الأعوام الأولى من المنظومة الشمسيّة، كان الزّهرة أكثر دفئاً من الأرض بقليل، وعلى الأرجح كان فيه محيطات. كانت تلك الدرجات القليلة من الدفء الزائد تعني أن الزهرة لم يستطع أن يحتفظ بالماء على سطحه، مما أدى إلى نتائج كارثية في مناخه. وبما أن مياهه تبخّرت، هربت ذرات الهيدروجين إلى الفضاء وامتزجت ذرات الأوكسجين بالكربون لتشكيل

* إن اكتشاف الإكستريموفايلز في القدور الطينية التي تغلي في يلوستون، ومتعضيات مشابهة في أمكنة أخرى، جعل العلماء يدركون أن حياة من نمط ما يمكن أن تتعدى ذلك بكثير حتى تحت القشرة الجليدية لبلوتو. ما نتحدث عنه هنا هو الأوضاع التي ستنتج مخلوقات سطح معقّدة بشكل معقول.

جـو كثيف من غاز ثاني أوكسيـد الكربون الخاص بالاحتباس الحـراري. صار كوكب الزهـرة خانقاً. وبالرغم من أن النـاس في عمري يتذكرون وقتاً كان فيه علماء الفلك يأملـون أن الزهرة يمكن أن يحتوي على الحياة تحـت غيومه التي تشكل دثاراً، وربما علـى نـوع من الخضرة الاستوائيـة، فإننا نعـرف الآن أنه بيئة وحشية جـداً لا تصلح لأي نـوع مـن أنواع الحياة القابلة لـلإدراك. إن درجة حـرارة سطحه هي 470 درجة مئويـة، حـارة بما يكفي لتذويب الحديـد، والضغط الجوي على السطـح هو أكبر من ضغـط الأرض بتسعين مرة، أكثر مما يستطيع أي كائن بشري أن يحتمل. ونفتقر إلى التكنولوجيا كي نصنـع بزات أو حتى مركبات فضائية تسمح لنا بزيارته. إن معرفتنا بسطح كوكب الزهرة تستند إلى صور رادار بعيدة وبعض الضجيج المخيف من مسبار سوفياتـي دون رواد رمـي بشـكل آمل داخـل الغيوم في عام 1972، وعمـل تقريباً مدة ساعة قبل أن ينغلق بشكل دائم.

إذاً هذا ما يحدث حين تقترب دقيقتين ضوئيتين من الشمس. أما إذا ابتعدت فإن المشكلة تصبح برداً لا حرارة، كما يشهد المريخ على ذلك بقسوة. كان هو أيضاً مكاناً أنيسـاً في إحدى المرات، ولكن لم يستطع الاحتفـاظ بجو قابل للاستخدام وتحول إلى خراب متجمد.

ولكـن البعـد بشكل ملائـم عن الشمس لا يمكـن أن يكون القصة كلهـا، وإلا لكان القمـر مليئـاً بالغابات وجميلاً، وهو ليس كذلك على نحـو واضح. فمن أجل ذلك أنت بحاجة إلى:

النـوع الملائم من الكواكـب. لا أتصور أن كثيراً من علماء الجيوفيزياء، إذا سئلوا بأن يحصوا بركاتهم، سيذكرون الحياة على كوكب ذي باطن منصهر، ولكنها تقريباً حقيقـة مؤكدة بأنه دون تلك الماغما كلهـا، التي تدوّم تحتنا لن نكون هنا الآن. وبغض النظـر عن أمور كثيرة أخرى، إن باطننا الحيوي أنشـأ اندفاعات الغاز التي ساعدت في بنـاء الجو، وقدمت لنا الحقل المغناطيسي الـذي يحمينا من الإشعاع الكوني. قدم لنـا أيضاً الألـواح التكتونية، التي تجدد السطح باستمـرار وتغضّنه. فلو كانت الأرض

منبسطة بشكل تام، لغطيت في كل مكان بالماء إلى عمق 4 كيلومترات. يمكن أن يكون هناك حياة في المحيط الموحش، ولكن بالتأكيد لن يكون هناك كرة قدم.

وبالإضافة إلى الحصول على باطن مفيد، لدينا أيضاً العناصر الملائمة في النسب الصحيحة. وبالمعنى الأكثر حرفية، إننا مصنوعون من المادة الصحيحة. وهذا حاسم لسعادتنا وسنناقشه بشكل كامل بعد قليل، ولكننا نحتاج في البداية إلى التفكير في العاملين المتبقيين، بادئين بواحد غالباً ما يتم إغفاله:

نحن كوكب توءم. لا يفكر كثير منا عادة في القمر ككوكب رفيق، ولكنه هكذا بالفعل. إن معظم الأقمار صغيرة بالعلاقة مع الكوكب المَعْلم. إن قمري المريخ فوبوس وديموس، مثلاً، قطرهما 10 كيلومترات فحسب. إلا أن قمرنا هو أكثر من ربع قطر الأرض، مما يجعل كوكبنا هو الوحيد في المنظومة الشمسية الذي يملك قمراً كبيراً بالمقارنة مع نفسه (عدا بلوتو، الذي لا يهم في الحقيقة؛ لأن بلوتو نفسه صغير) وأي فرق يحدثه هذا لنا.

دون تأثير القمر الثابت، فإن الأرض ستتمايل كقمة محتضرة، ولا أحد يعرف ما النتائج الكارثية التي ستترتب على المناخ والطقس. إن تأثير القمر الجاذبي الثابت يجعل الأرض تدور بالسرعة المناسبة والزاوية المناسبة، كي تقدم نوع التوازن الضروري للتطور الطويل والناجح للحياة. ولكن هذا لن يستمر إلى الأبد. إن القمر ينزلق من قبضتنا بسرعة 4 سنتمترات في العام. فبعد بليوني عام سيتراجع بعيداً بحيث إنّنا لن نظل ثابتين، وسيكون علينا أن نأتي بحل آخر، ولكن في غضون ذلك يجب أن نفكر في ذلك أكثر من كونه سمة ظريفة في السماء الليلية.

افترض علماء الفلك لوقت طويل إما أن الأرض والقمر تشكّلا معاً، أو أن الأرض أمسكت بالقمر بينما كان يبتعد. ونعتقد الآن –كما يمكن أن تتذكروا من الفصل السابق– أنه منذ نحو 4.4 بلايين عام اصطدم جرم بحجم المريخ بالأرض، مفجّراً ما يكفي من المواد لخلق القمر من حطامه. كان هذا على ما يبدو شيئاً مهماً جداً لنا، وخصوصاً أنه حدث منذ وقت طويل جداً. لو حدث في 1896 أو الأربعاء الماضي، لما سرّنا الأمر. مما يأخذنا إلى الموضوع الرابع والأكثر جوهرية بطرق كثيرة.

التوقيت. إن الكون مكان متقلب وزاخر بالأحداث الخطرة ووجودنا فيه أعجوبة. فلو لم يلعب تعاقب مركّب طويل وغير قابل للتصور من الأحداث يعود إلى 4.6 بلايين سنة بطريقة معينة في أوقات معيّنة مثلاً، لو أن الديناصورات لم تنقرض بسبب سقوط النيازك لكنّا أطول سنتمترات عدة، مشعرين وبذيل، ونقرأ هذا الكتاب في وكر.

نحن لا نعرف حقاً؛ لأنه ليس لدينا شيء آخر نستطيع أن نقارن به وجودنا، ولكن يبدو من الواضح أنه إذا كنت ترغب بأن تنتهي كمجتمع متقدم ومفكّر بشكل معتدل، فإنك تحتاج إلى أن تكون في النهاية الصحيحة لسلسلة طويلة من النتائج بما فيه مدد معقولة من الاستقرار موشّاة فقط بالكمية نفسها من التوتر والتحدي (تبدو عصور الجليد مفيدة خاصة في هذا الصدد)، ومعلمة بغياب كلي للجوائح الحقيقية. كما سنرى في الصفحات التي ستتبقى لنا، نحن محظوظون جداً بالعثور على أنفسنا في هذا الموقع.

وعن هذه الملاحظة، لنعد الآن بشكل موجز إلى العناصر التي شكّلتنا.

هناك 92 من العناصر التي تحصل بشكل طبيعي على الأرض، بالإضافة إلى عشرين أخرى أو ما يقارب ذلك ابتُكرت في المخابر، ولكننا نستطيع أن نضع جانباً بعض هذه كما يميل علماء الكيمياء إلى أن يفعلوا. ومن المفاجئ أن كثيراً من موادنا الكيميائية الأرضية غير معروف بشكل جيد. إن الأستاتين مثلاً، غير مدروس عملياً. له اسم ومكان على الجدول الدوري (إلى جانب البولونيوم الذي اكتشفته ماري كوري)، ولكن لا شيء آخر. إن المشكلة ليست اللامبالاة العلمية، وإنما ندرته. إذ لا يوجد كثير منه. إن العنصر الأكثر مكراً بين الكل هو الفرانسيوم الذي هو نادر جداً، بحيث يُعتقد أن كوكبنا كله، يمكن أن يحتوي في أي لحظة معطاة، على أقل من عشرين من ذرات الفرانسيوم. إن 30 من العناصر التي تولد بشكل طبيعي هي واسعة الانتشار على الأرض، وهناك ستٌّ منها ليس لها أهمية محورية للحياة.

كما يمكن أن تتوقعوا، إن الأوكسجين هو عنصرنا الأكثر وفرة، ولا يشرح إلا أقل من 50% من قشرة الأرض، ولكن وفرته النسبية مدهشة. من سيحزر -على سبيل المثال- أن السليكون هو العنصر الثاني الأكثر شيوعاً على الأرض، وأن التيتانيوم هو العاشر؟

إن الوفـرة لا تتعلق كثيراً بمعرفتها أو فائدتها لنا. إن كثيراً من أكثر العناصر غموضاً هي في الواقع أكثر شيوعاً من تلك المعروفة بشكل أفضل. هناك سيريوم في الأرض أكثر مـن النحاس، نيوديميوم ولنثانوم أكثر من الكوبالـت أو النتروجين. القصدير بالكاد يصبـح في الخمسين الأولى، تبذّه عناصر غامضة مثل البراسيوديميوم، والساماريوم والجادولنيوم والدسبروسيوم.

لا علاقة للوفرة بسهولة الرصد. إن الألمنيوم هو العنصر الرابع الأكثر شيوعاً على الأرض، ويفسر تقريباً عشر كل ما هو تحت أقدامكم، ولكنه لم يُعرف إلى أن اكتشفه في القرن التاسع عشر همفري ديفي، وعومل لوقت طويل بعد هذا على أنه نادر وثمين. وقد ثبّت الكونغرس تخطيطاً برّاقاً لحلية من الألمنيوم فوق تذكار واشنطن لإظهار كم صرنا أمة ثرية ومزدهرة، وقامت الأسرة الإمبراطورية الفرنسية في المدة نفسها بنبذ خدمة عشـاء الدولة بالآنية الفضية واستبدالها بالألمنيـوم. وكانت الموضة حادة أكثر من السكاكين.

لا تشـير الوفـرة بالضرورة إلى الأهميـة. إن الكربون هو العنصـر الخامس عشر الأكـثر شيوعاً، يفسـر نسبة متواضعة جداً مـن قشرة الأرض هـي 0.048%، ولكننا سنهلـك من دونـه. ما يميّـز ذرة الكربون هـي أنها مشوشـة بوقاحة. إنهـا الحيوان المشـارك للعالم الذري، وتتعلّق بكثير من الذرات الأخـرى (بما فيه نفسها) وتتمسك بشـدة، مشكّلة خطوطاً طويلـة متمعجة جزيئية من القـوة المتماسكة كرقصة الكونغا الكوبيـة، وهذه خدعة الطبيعـة الضرورية لبناء البروتين والـ (DNA). وكما قال بول ديفـز: «لولا الكربـون لكانت الحياة كما نعرفها مستحيلـة. إن أي نوع من الحياة على الأرجح سيكـون مستحيلاً». مع ذلك ليس الكربون متوافراً جداً حتى فينا نحن الذين نعتمـد عليه بشكل حيـوي. فبين كل 200 ذرة في أجسامكم، 126 هي هيدروجين، و51 أوكسجين، و19 كربون فقط*.

إن العناصر الأخرى حاسمـة ليس لخلق الحياة فحسب وإنما لاستمرارها. نحتاج إلى الحديـد لصناعة خضاب الـدم، ومن دونه سنموت. الكوبالـت ضروري لتصنيع

* من الأربعة المتبقية، ثلاثة نتروجين، والذرة المتبقية تقسم بين كل العناصر الأخرى.

فيتامين ب 12. البوتاسيوم وقليل جداً من الصوديوم جيدان لأعصابنا. ويساعد الموليبدنوم، والمنغنيز والفنديوم في جعل الأنزيمات تخرخر. أما الزنك الذي يستحق أن تباركوه فيؤكسد الكحول.

تطورنا كي نستفيد من هذه الأشياء أو نسمح بها، لا نستطيع أن نكون هنا بخلاف ذلك ولكن بالرغم من ذلك فإننا نعيش داخل سلاسل ضيقة من القبول. إن السلنيوم حيوي لنا جميعاً، ولكن تناولوا كثيراً منه وسيكون هذا آخر شيء تفعلونه. إن درجة تطلب المتعضيات أو سماحها بعناصر معينة هما ذخيرة تطورها. إن الخراف والماعز ترعى الآن إلى جانب بعضها، ولكنّ لها في الواقع متطلبات معدنية مختلفة جداً. تحتاج الماعز الحديثة إلى كثيرٍ من النحاس؛ لأنها تطورت في أجزاء من إفريقية وأوروبة كان النحاس فيها وافراً. بينما الخراف –من ناحية أخرى– تطورت في مناطق في آسية الوسطى فقيرة بالنحاس. كقاعدة –وهذا ليس مدهشاً– إن سماحنا للعناصر متناسب طرداً مع وفرتها في قشرة الأرض. لقد تطورنا كي نتوقع، وفي بعض الحالات كي نحتاج بالفعل، إلى الكميات القليلة من العناصر النادرة التي تتراكم في اللحوم أو النسيج الذي نأكله. ولكن ارفعوا الجرعات، في بعض الحالات بكمية قليلة جداً فحسب، ويمكن أن تهلكوا حالاً. إن كثيراً من هذا غير مفهوم بشكل كامل. لا أحد يعرف، مثلاً إذا كانت كمية قليلة من الزِّرنيخ ضرورية لخيرنا أم لا. يقول بعض العلماء: نعم؛ ويقول بعضهم الآخر: لا. وكل ما هو مؤكد هو أن كثيراً منه سيقتلكم.

يمكن أن تصبح خصائص العناصر أكثر غرابة حين تختلط. إن الأوكسجين والهيدروجين، مثلاً هما من أكثر العناصر صداقة للاحتراق، ولكن امزجوهما سوية فيصنعان ماء غير قابل للاحتراق*. والأكثر غرابة في المزج هو الصوديوم؛ الأكثر اضطراباً بين العناصر، والكلورين؛ الأكثر سميّة. أسقطوا قطعة من الصوديوم الصرف في الماء العادي وستنفجر بقوة كافية للقتل. إن الكلورين أكثر خطراً كما هو

* الأوكسجين نفسه غير قابل للاحتراق؛ ولكنه يسهّل احتراق أشياء أخرى. فلو كان الأوكسجين قابلاً للاحتراق لاشتعل الجو الذي حولك في كل مرة تشعل فيها عود ثقاب. من ناحية أخرى، إن غاز الهيدروجين، قابل للاحتراق كثيراً –كما بيّنت سفينة هندنبرغ الهوائية الموجّهه في 6 أيار 1937– في ليكهرست، ونيوجرسي، حين انفجر الهيدورجين الذي رفعها وقتل 36 شخصاً.

معـروف. بالرغم من أنه مفيـد في تركيزات صغيرة لقتل المتعضيات المتناهية الصغر (الكلوريـن هـو الذي تشمه في المـادة المقصّرة)، إلا أنه مهلـك في كميات كبيرة. كان الكلوريـن عنصر الاختيار لكثير من الغازات السامـة في الحرب العالمية الأولى. وكما سيشهـد سباحـون كثـيرون متقرحو الأعين، حتـى في شكل واهٍ جـداً لا يتقبله الجسم البشري. ولكن إذا جمعتم هاتين المادتين الكريهتين سوية فما الذي ستحصلون عليه؟ كلور الصوديوم: ملح المائدة المألوف.

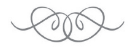
علـى العمـوم، إذا لم يعثر عنصر على طريقه بشكل طبيعـي إلى داخل نظامنا إن لم يكـن قابلاً للانحلال في المـاء مثلاً فإننا لا نتقبلـه. إن الرصاص يسممنا؛ لأننا لم نتعرض له أبداً إلى أن بدأنا نستخدمه في آنيـة الطعام وأنابيب السمكرة (وليس من قبيـل المصادفـة أن رمز الرصاص هـو Pb من الكلمة اللاتينيـة plumbum، مصدر كلمـة plumbing الحديثة). كان الرومان ينكّهون خمرتهـم بالرصاص أيضاً، وربما هذا جزء من السبب الذي أدى إلى ضعف قوتهم. وكما رأينا في مكان آخر، إن أداءنا الخاص مع الرصاص (دون أن نذكر الزئبق، والكادميوم الملوثات الصناعية جميعها التي نتجرعها بشكل روتيني) لا يترك لنا مجالاً كبيراً لابتسامة متكلفة. حين لا تحصل العناصـر بشكل طبيعي علـى الأرض، فإننا لا نطور قبولاً لها وهكذا تميل إلى أن تكون أكـثر سميّـة لنا، كما هو الأمر مع البلوتونيوم. إن تقبلنـا للبلوتنيوم هو صفر: لا يوجد مستوى منه لن يجعلك ترغب بالاستلقاء.

لقـد جعلتكم تسلكون طريقاً طويلاً؛ كي أوضح نقطـة بسيطة: إن جزءاً كبيراً من الأرض يبـدو بشكل إعجـازي مسكناً لنا؛ لأننـا تطورنا كي نلائـم أوضاعها. ما يثير عجبنا ليس أنها ملائمة للحياة وإنما لأنها ملائمة لحياتنا، وبالكاد يعدّ هذا مفاجئاً. مـن المحتمل أن كثيراً مـن الأشياء التي تجعلها رائعة هكذا لنا هـي السماء المناسبة، وقمر شديد التعلق بها، وكربون اجتماعي، والمزيد من الماغما المنصهرة التي لا يمكن الاقـتراب منها، وغير ذلك من الأمور الأخرى. ومن الرائع أننا وُلدنا كي نعتمد عليه. لا أحد يستطيع أن يجزم.

إن عـوالم أخـرى يمكـن أن تأوي بشراً ممتنـين لبحيراتهم الفضيـة من الزئبق وسحابات الأمونيا المندفعة. يمكن أن يسرّهم أن كوكبهم لا يهزهم بألواحه الطاحنة أو يبصـق عليهـم الحمم البركانيـة، وإنما يوجدون في هدوء دائـم غير تكتوني. إن أي زوار للأرض مـن بعيد سيدهشـون بالتأكيد من رؤيتنا نعيش في جو مؤلف من النتروجين، وهو غاز لا يميل إلى التفاعل مع أي شيء، والأوكسجين، الذي هو متحيز للاحتراق بحيث يجب أن نضع محطات إطفاء في كل مدننا لحماية أنفسنا من تأثيره الأقـوى. ولكن حتى لـو كان زوارنا من ثنائيي الأقدام لديهـم أماكن ضخمة للتسوق ومولعـون بأفلام الأكشن، من غير المحتمل أن يجدوا الأرض مثالية. لا نستطيع حتى أن نقـدم لهم الغداء؛ لأن طعامنـا كله يحتوي على آثار المنغنيـز والسلنيوم والزنك وجزيئات عنصرية أخرى سيكون بعضها ساماً لهم. يمكن ألاّ تبدو الأرض لهم مكاناً أليفاً ورائعاً.

اعتاد عالم الفيزياء رتشارد فينمان أن يستخدم نكتة عن استنتاجات لاحقة عائداً بتفكيره من الحقائق المعروفة إلى العلل المحتملة. قال: «تعلمون أن الشيء الأكثر دهشة حـدث لي الليلـة. شاهدت سيارة كُتب علـى لوحتها إي آر دبليـو 357. هل تستطيعون تخيـل هذا؟ من بين اللوحات المليـون جميعها في الولاية ما هي المصادفة التي جعلتني أشاهد هذه النمرة المحددة اليوم؟ مدهش!» إن ما يرمي إليه بالطبع هو أنه من السهل جعل أي موقف مبتذل يبدو فائقاً للعادة إذا تعاملت معه على أنه مقدّر.

وهكـذا من الممكن أن الأحداث والأوضاع التي قادت إلى نشوء الحياة على الأرض ليسـت تماماً فائقـة للعادة كما نميـل إلى الاعتقاد. مع ذلك، كانـت فائقة للعادة بما يكفي، وهناك شيء واحد مؤكد: ستظل هكذا إلى أن نجد ما هو أفضل.



الفصل السابع عشر

داخل التروبوسفير
(الطبقة السفلى من الغلاف الجوي)

نشكر الله على التروبوسفير. إنه يبقينا دافئين. من دونه تتحول الأرض إلى كرة جليدية بلا حياة بدرجة حرارة ناقص خمسين تحت الصفر. بالإضافة إلى ذلك، يمتص الجو أو يحرف حشود الأشعة الكونية الوافدة، والجزيئات المشحونة، والأشعة فوق البنفسجية وما شابه. إن الدثار الغازي للجو يعادل سماكة أربعة أمتار ونصف المتر من الإسمنت الحامي، ومن دونه فإن الزوار غير المرئيين من الفضاء سيمزقوننا إرباً كالخناجر. حتى قطرات المطر ستضربنا بقوة لولا السحب البطيء للجو.

إن ما هو أكثر دهشة في غلافنا الجوي هو أنه لا يوجد كثير منه. يمتد نحو الأعلى نحو 190 كيلومتراً، مما يجعله يبدو سميكاً حين يُنظر إليه من مستوى الأرض، ولكن إذا قلصت الأرض إلى حجم كرة على مكتب سيكون بسماكة طبقتين من الورنيش فحسب.

يُقسم الغلاف الجوي إلى أربع طبقات غير متساوية ولأسباب علمية: التروبوسفير، والستراتوسفير، والميسوسفير والأيونوسفير (الذي يدعى غالباً بالثيرموسفير). إن التروبوسفير هو الجزء الغالي علينا. فهو وحده يحتوي على ما يكفي من الدفء والأوكسجين كي يسمح لنا بالحياة، بالرغم من أنه يصبح بسرعة غير ملائم للحياة فيما تصعد خلاله. من مستوى الأرض إلى نقطته الأعلى، إن التروبوسفير (أو الجو الدائر) هو تقريباً بسماكة 16 كيلومتراً عند خط الاستواء وليس أعلى من 10 أو 11 كيلومتراً في المناطق المعتدلة حيث يعيش معظمنا. إن 80% من كتلة الغلاف الجوي -عملياً كل الماء وكل الطقس- محتوى داخل هذه الطبقة الرقيقة والصغيرة. والواقع أنه لا يوجد كثير بينكم وبين النسيان.

وراء التروبوسفير هناك الستراتوسفير. حين ترون قمة السحابة العاصفية تنبسط وتتخذ شكل السندان الكلاسيكي، فأنتم تنظرون إلى الحد بين التروبوسفير والستراتوسفير. فهذا السقف غير المرئي يُعرف باسم التروبوبوز، وقد اكتشفه في 1902 فرنسي على متن منطاد يدعى ليون فيليب تيسيران دو بور Leon-Philippe Teisserence de Bort. إن بوز pause لا تعني في هذه الحالة التوقف مؤقتاً وإنما بشكل دائم؛ وهي كلمة مشتقة من الجذر اليوناني نفسه مثل menopause. حتى في حد التروبوسفير الأعلى، ليس التروبوبوز بعيداً جداً. إن مصعداً سريعاً من النوع الذي يُستخدم في ناطحات السحاب الحديثة سيوصلك إلى هناك في نحو 20 دقيقة، بالرغم من أنه ستكون نصيحة جيدة ألا تقوم بالرحلة. إن صعوداً سريعاً كهذا دون ضغط سينتج عنه –في أقل تقدير– وذمة دماغية أو رئوية، وهو تراكم غير سوي للسائل المائي في أنسجة الجسم. وحين يفتح الباب عند منصة الرؤية، فإن أي شخص في الداخل سيكون ميتاً بالتأكيد أو سيموت. حتى الصعود المدروس أكثر سيترافق مع انزعاج كبير. إن الحرارة على ارتفاع 10 كيلومترات يمكن أن تكون ناقص 57 وحينها ستحتاج، أو على الأقل ستقدر جداً الأوكسجين الإضافي.

بعد أن تغادر التروبوسفير ترتفع الحرارة مرة ثانية، إلى نحو 4 مئوية، بفضل التأثيرات الامتصاصية للأوزون (وهذا شيء آخر اكتشفه دي بور في صعوده الجسور في 1902). ثم تنخفض إلى 90 تحت الصفر في الميزوسفير قبل أن تصعد بسرعة إلى 1500 درجة مئوية أو أكثر في الثيرموسفير الذي سمي هكذا بشكل ملائم، ولكنه عشوائي جداً بحيث يمكن أن تتنوع درجات الحرارة إلى ما فوق 500 من النهار إلى الليل، بالرغم من أنه يجب أن يقال: إن «الحرارة» في ارتفاع كهذا تظل مفهوماً نظرياً. إن درجة الحرارة هي مقياس لنشاط الجزيئات فحسب. فعلى مستوى البحر، تكون جزيئات الهواء كثيفة، بحيث إنّ جزيئاً واحداً يمكن أن يجتاز فقط أصغر مسافة، جزءاً من ثمانية بالمليون من السنتمتر، كي نكون دقيقين قبل أن يصدم آخر. ولأن ترليونات من الجزيئات تصطدم باستمرار، فإن كثيراً من الحرارة يتم تبادله. ولكن في قمة الثيرموسفير –على ارتفاع 80 كيلومتراً أو أكثر– الجو رقيق بحيث إنّ أي

جزيئين سيكونان منفصلين لمسافة ميل ونادراً ما يتصلان. وهكذا بالرغم من أن الجزيئات جميعها هي حارة جداً، فهناك بعض التقاطعات القليلة بينها مما يؤدي إلى نقل محدود للحرارة. هذه أنباء جيدة للأقمار الصناعية وسفن الفضاء؛ لأنه لو كان تبادل الحرارة أكثر فاعلية، فإن أي شيء من صنع الإنسان يدور في ذلك المستوى سينفجر ويشتعل.

وحتى هكذا، يجب أن تنتبه المركبات الفضائية في الغلاف الجوي الخارجي، خصوصاً لدى رحلة العودة إلى الأرض، كما بيَّن المكوك الفضائي كولومبيا بشكل مأساوي في شباط 2003. وبالرغم من أن الغلاف الجوي رقيق جداً، إذا جاءت مركبة في زاوية منحدرة جداً أكثر من نحو 6 درجات أو بسرعة كبيرة فإنه يمكن أن تصدم ما يكفي من الذرات لتوليد مقاومة ذات طبيعة احتراقية. وبشكل معكوس، إذا صدمت عربة داخلة الثيرموسفير في زاوية واهنة، يمكن أن تقفز مرتدة في الفضاء، كفقاعة على وجه الماء.

ولكن لا حاجة لمغامرة الوصول إلى حافة الغلاف الجوي كي تتذكروا كم نحن كائنات يائسة متعلقة بالأرض. وكما سيعرف أي شخص أمضى الوقت في مدينة مرتفعة، لا تحتاج إلى الارتفاع مئات كثيرة من الأمتار عن سطح البحر قبل أن يبدأ جسدك بالاحتجاج. حتى متسلقو الجبال المجربون، والمستفيدون من كمال الأجسام والتدريب والأوكسجين المعلب، يصبحون معرضين بسرعة في المناطق المرتفعة للارتباك والغثيان والإنهاك والصقيع والفتور والشقيقة، وفقدان الشهية وكثير من الأمراض المزعجة. يذكر الجسد الإنساني صاحبه بمئة طريقة مؤكدة بأنه غير مصمم كي يعمل فوق مستوى سطح البحر كثيراً.

قال المتسلق بيتر هابيلر عن الأوضاع في قمة إفرست: «حتى في الظروف الملائمة إن كل خطوة في ارتفاع كهذا تقتضي جهداً ضخماً من الإرادة. يجب أن تجبر نفسك على القيام بالحركات جميعها وتصل إلى كل مسكة لليد. أنت مهدد بشكل دائم بإعياء مرهق ومهلك». وفي الجانب الآخر من إفرست ذكر المتسلق والمخرج السينمائي البريطاني مات دكنسون كيف أن هوارد سومرفيل -الذي كان عضواً في بعثة بريطانية

في 1924 إلى أفرست- «وجد نفسه يختنق حتى الموت حين فلتت قطعة من اللحم وسدت أنبوب الهواء الخاص به». بجهد كبير نجح سومرفيل في سعل العائق. وتبيّن أنه «البطانة المخاطية الكاملة لحنجرته».

إن الإزعاج الجسدي يبدأ فوق 7500 متر المنطقة التي يسميها المتسلقون منطقة الموت، ولكن كثيراً من الأشخاص يصبحون واهنين جداً، أو مرضى بنحو خطر، على ارتفاعات لا تزيد على 4500 متر أو ما يقارب ذلك. إن القابلية للتأثر لا علاقة لها بكمال الأجسام. إن العجائز يثبون مرحاً في الأماكن المرتفعة بينما سلالتهم الأكثر قوة على المستوى الجسدي تتحول إلى أكوام يائسة تصدر أنيناً إلى أن تنقل إلى ارتفاعات أقل.

إن الحد الأعلى لبقاء الإنسان حياً بشكل مستمر هو 5500 متر، ولكن حتى الناس المتكيفون مع الحياة في مكان مرتفع لا يستطيعون تحمل مرتفعات كهذه طويلاً. قالت فرانسيس آشكروفت في كتابها (حياة في الحدود القصوى): إن هناك مناجم كبريت آندية على عمق 5800 متر ولكن المعدّنين يفضلون الانحدار 460 متراً كل مساء، ويصعدون عائدين في اليوم الثاني، بدلاً من أن يعيشوا باستمرار في ذلك الارتفاع. إن الناس المعتادين على الحياة في مناطق مرتفعة أمضوا غالباً آلاف الأعوام في تطوير صدور ورئات ضخمة، وزادوا من كثافة كريات الدم الحمراء الحاملة للأوكسجين إلى الثلث تقريباً، بالرغم من أن هناك حدوداً للكثافة التي يمكن أن تتحملها الكريات الحمراء التي يزودها الدم وذلك من أجل أن تتدفق بارتياح. فضلاً عن ذلك، على ارتفاع أكثر من 5500 متر لا تستطيع أكثر النساء تكيفاً تزويد جنين نامٍ بِما يكفي من الأوكسجين لجعله يكتمل.

وفي ثمانينيات القرن الثامن عشر حين بدأ الناس في أوروبة يجربون الطيران بالمناطيد، كان من بين الأمور التي أدهشتهم البرودة الشديدة في الأعلى. تنخفض الحرارة 1.6 درجة مئوية في كل 1000 متر تصعده. يقول المنطق: إنه كلما اقترب المرء إلى مصدر الحرارة، شعر بدفء أكبر. إن ما يفسر البرودة هو أنكم لا تقتربون أبداً من الشمس بأي معنى واضح. تبعد الشمس 93 مليون ميل. إن اقترابكم بضع مئات

مـن الأمتـار منها، هو مثل الاقـتراب خطوة من حريق غابـي في أستراليـة، وتوقع شم الدخان وأنتم تقفون في أوهايو. يأخذنا الإجابة مرة أخرى إلى مسألة كثافة الجزيئات في الغـلاف الجوي. إن ضوء الشمس يشحن الجزيئات بالطاقة. إنها تزيد من سرعة تهزهزهـا ووثبها، وفي حالتهـا المقواة تصطدم ببعضها بعضـاً مطلقة الحرارة. حين تشعـرون أن الشمس تدفئ ظهوركـم في يوم صيفي، فأنتم في الواقع تشعرون بالذرات المثـارة. كلما تسلقتـم إلى أعلى قل عـدد الجزيئات وقلّت الاصطدامـات فيما بينها. إن الهـواء مـادة خادعة. حتى علـى مستوى البحـر نميل إلى التفكـير في الهواء على أنـه أثـيري ولا وزن له. إنه يحتـوي على كثير من الكتلة وتلـك الكتلة تمارس الضغط. وكما كتب عـالم بحار يدعى ويفل تومسون Wyville Thomson منذ أكثر من نصف قرن: «نجد أحياناً حين ننهض في الصباح –وبعد ارتفاع إنش واحد في البارومتر– أن نصـف طن تقريبـاً تجمّع علينـا في أثناء الليل، ولكننـا لا نعاني مـن أي شيء، وإنما نشعـر بالابتهـاج والحماس، بمـا أن تحريـك أجسادنا يحتاج إلى جهـد أقل في المادة الأكـثر كثافة». والسبب في أنكم لا تشعرون بالانسحاق تحت نصف الطن الزائد ذاك مـن الضغط هو السبـب، نفسه الذي لا يجعـل جسمكم ينسحق عميقـاً تحت البحر: إنـه مصنوع في معظمه من سوائل غير قابلة للضغـط، تدفع إلى الخلف، مساوية بين الضغط في الداخل والخارج.

ولكن واجهوا الهواء في أثناء الحركة، كالإعصار أو النسيم المتصلّب، وستتذكرون بسرعـة أن له كتلة معتـبرة. هناك نحو 5200 مليون طن من الهـواء حولنا 25 مليون طـن لكل متر مربّع من الكوكب وهذا حجم ليس غير مهم. حين تقوم ملايين الأطنان من الجو بالاندفاع بسرعة 50 أو 60 كيلومتراً في الساعة، فلن يكون مفاجئاً أن تتكسر أغصـان الشجـر ويتطاير آجر السقوف. وكمـا قال أنطوني سميـث: إن جبهة طقس عادية يمكن أن تتألف من 750 مليون طن من الهواء البارد المضغوط تحت بليون طن مـن الهـواء الساخن. ونادراً ما يكون عجيباً أن النتيجة هـي أحياناً مثيرة على صعيد علم الأرصاد الجوية.

مـن المؤكد أنـه لا يوجد نقص في الطاقة في العالم الذي فـوق رؤوسنا. إن عاصفة رعدية واحدة يمكن أن تحتوي على كمية من الطاقة مساوية لاستهلاك الكهرباء مدة

أربعة أيام في كل الولايات المتحدة. وفي الأوضاع المناسبة، يمكن أن تصعد السحب العاصفية إلى ارتفاع من 10 إلى 15 كيلومتراً، وتحتوي على تيارات هوائية صاعدة وأخرى هابطة سرعتها أكثر من 150 كيلومتراً في الساعة. وهذه تكون غالباً إلى جانب بعضها، ولهذا السبب لا يريد الطيارون المرور عبرها. فبسبب الاضطراب الداخلي، سرعان ما تلتقط الجزيئات التي داخل السحب شحنات كهربائية. ولأسباب غير مفهومة بشكل كامل، إن الجزيئات الأخف تميل إلى أن تصبح مشحونة إيجابياً وأن ترفعها التيارات الهوائية إلى قمة السحابة. الجزيئات الأثقل تبقى في القاعدة، مراكمة شحنات سلبية. وهذه الجزيئات المشحونة تملك حافزاً قوياً كي تندفع إلى الأرض المشحونة إيجابياً وحظاً سعيداً لكل ما يعترض الطريق. إن الصاعقة تسافر بسرعة 435 ألف كيلومتر في الساعة، ويمكن أن تسخن الهواء الذي حولها إلى 28,000 درجة مئوية، أعلى من سطح الشمس بعدة مرات. وفي أي لحظة، هناك 1800 عاصفة رعدية تتقدم حول الكوكب، نحو 40,000 في اليوم. نهاراً وليلاً عبر الكوكب، في كل ثانية تضرب نحو مئة صاعقة الأرض. إن السماء مكان يمور بالحيوية.

إن كثيراً من معرفتنا لما يجري في الأعلى هو حديث بشكل مدهش. إن التيارات النفثية*، التي هي عادة على ارتفاع من 9000 إلى 10000 متر في الأعلى، يمكن أن تندفع بسرعة 300 كيلومتر في الساعة وتؤثر بسرعة على أنظمة الطقس في كل القارات، مع ذلك فإن وجودها لم يُكتشف إلى أن بدأ الطيارون يطيرون فيها في أثناء الحرب العالمية الثانية. وحتى الآن، إن جزءاً كبيراً من الظواهر الجوية غير مفهوم جيداً. هناك نوع من حركة الموجة يُعرف بشكل شائع باسم اضطراب الجو الصافي** ينشّط تحليق الطائرات. يحدث نحو 20 حادثة كهذه في العام خطرة بما يكفي بحيث يجب أن يُبلّغ عنها. إنها ليست مرتبطة ببنية الغيوم أو أي شيء آخر يمكن أن يرصد بصرياً أو بالرادار. إنها فقط جيوب من الاضطراب المدهش في وسط السماوات الهادئة. وفي حادثة مشابهة، كان هناك طائرة في طريقها من سنغافورة إلى سدني،

---

* تيار من الرياح ذات السرعة العالية تهب من ناحية الغرب عادة، وتتجاوز سرعته في كثير من الأحيان أربع مئة كيلومتر في الساعة. المترجم.

** اضطراب عنيف مفاجئ يحدث في الأرجاء الخالية من الغيوم فيعرّض الطائرات الشديدة السرعة لتيارات صاعدة وهابطة. المترجم.

وتحلـق فوق وسـط أسترالية في أوضـاع هادئة حين سقطت فجـأة 90 متراً، ما يكفي لقـذف الأشخاص غير الآمنين إلى السقف. جُرح 12 شخصـاً، كانت إصابة أحدهم خطرة. لا أحد يعرف ما الذي يسبب مطبات الهواء هذه.

إن العمليـة التـي تحرك الهـواء في الغلاف الجوي هـي العملية نفسهـا التي تقود المحرك الداخلي للكوكب، وأعني الحمل الحراري. فالهواء الرطب الدافئ من المناطق الاستوائيـة يرتفع إلى أن يضرب حاجز التروبوبوز وينتشر. حين ينتقل بعيداً عن خط الاستـواء ويبرد يغوص. حـين يضرب القاع يبحث الهـواء الغائص عن منطقة ضغط منخفض؛ كي يملأه، ثم يعود إلى خط الاستواء، مكملاً الدورة.

إن عملية الحمل الحراري مستقرة عادة والطقس جيد عند خط الاستواء، ولكن في المناطق المعتدلة النماذج فصلية، ومحلية أو عشوائية مما يؤدي إلى معركة لانهائية بين أنظمـة الضغط المرتفع والضغط المنخفض. تنشأ أنظمة الضغط المنخفض عن الهواء المرتفـع، الذي ينقـل جزيئات الماء إلى السماء، مشكلاً السحـب ثم المطر في النهاية. ويمكـن أن يحمـل الهواء الساخن رطوبـة أكثر من الهواء البارد، ولهـذا السبب تميل العواصـف الاستوائية أو الصيفية إلى أن تكون أثقـل. وهكذا تميل المناطق المنخفضة إلى الارتبـاط بالسحـب والمطر، بينما تتميّـز المرتفعة عادة بضـوء الشمس والطقس الجيد. حين يلتقي نظامان كهذين، يتجلى هذا غالباً في السحب. مثلاً، إن الرهج تلك السحـب المنتشرة غـير المحبوبة، التي لا سمات لها وتمنحنـا سماءنا المكفهرة يحدث حين تفتقر التيارات الصاعدة الحاملة للرطوبة للقدرة على اقتحام مستوى من الهواء أكثر استقراراً في الأعلى، وبدلاً من ذلك ينتشر كدخان يضرب السقف. وبالفعل، إذا راقبتـم مدخِّناً أحياناً، يمكنكم الحصول على فكرة جيدة عن: كيفية عمل الأمور عبر مراقبة كيفية صعود الدخان من سيجارة في غرفة هادئة. في البداية، يصعد مباشرة (هذا يدعى الاندفاق الصّفحي* إذا أردتم أن تؤثروا بأي شخص) ثم ينتشر في طبقة موزعة وتموّجية. إن أعظم كمبيوتر عملاق في العالم –يأخذ القياسات في البيئة الأكثر تحكمـاً– لا يستطيـع أن يتنبأ بشكل صحيح أي شكل ستتخـذه هذه التموجات، وهكذا

* جريان انسيابي لسائل لزج في خطوط متميزة ومنفصلة. المترجم.

تستطيعـون تخيّل الصعوبات التي تواجه علماء الأرصـاد الجوية حين يحاولون التنبؤ بحركات كهذه في عالم دائر؛ ريحي وكبير.

مـا نعرفه هـو لأن الحرارة الصادرة عـن الشمس موزعة بشكل غـير متساوٍ، فإن الاختلافـات في ضغـط الهواء تنشأ علـى الكوكب. لا يستطيع الهـواء أن يتحمّل هذا، وهكذا يندفع محاولاً أن يوازن الأمور في كل مكان. إن الريح هي ببساطة طريقة الهواء في محاولـة جعل الأمور متوازنة. فالهواء يتدفق دوماً مـن مناطق الضغط العالي إلى منـاطـق الضغط المنخفض (تخيلوا أي شيء بهـواء مضغوط منطاد أو حجرة هواء أو طيـارة بنافذة مفقودة، وسترون كم يلحّ ذلك الهواء المضغوط على الذهاب إلى مكان ما)، وكلما كان الفرق في الضغط أكبر، كلما هبت الريح بسرعة أكبر.

إن الريـح تتسارع -كمعظم الأشيـاء التي تتراكم- وتكبر بقـوة أسيّه، وهكذا فإن ريحـاً تهـبّ بسرعــة 300 كيلومتر في الساعة ليسـت أقوى بعشر مـرات من ريح تهب بسرعة 30 كيلومتراً في الساعة فحسب، وإنما أقوى بمئة مرة، ولهذا هي أكثر تدميراً. أدخلوا ملايين الأطنان من الهواء إلى هذا التأثير المسرّع ويمكن أن تتولّد طاقة أكبر. إن إعصاراً استوائياً يمكن أن يطلق في عشرين ساعة طاقة تعادل تلك التي تستهلكها دولة غنية متوسطة الحجم مثل بريطانية أو فرنسة في عام واحد.

اكتشف دافع الغلاف الجـوي للبحث عن التوازن في البداية (إدموند هالي) الرجل الـذي كان في كل مـكان، وأوضحه فيما بعد في القرن الثامـن عشر زميله بريتون جورج هادلي، الذي رأى أن أعمدة الهواء الصاعدة والهابطة تميل إلى إنتاج «وحدات» (عُرفت باسم وحدات هـادلي). وبالرغم من أن مهنته كانت المحاماة كان لهادلي اهتمام كبير بالطقسـ (كان إنكليزياً، في النهايـة) واقترح أيضاً صلة بين وحداتـه، ودوران الأرض والانحرافات الظاهرة في الهواء التي تمنحنا رياحنا التجارية. على أي حال، كان هناك أستـاذ هندسة في بولي تكنيك إيكـول في باريس يدعى جوستاف غاسبار دي كوريوليس Gustave – Gaspard de Coriolis، الذي استخرج تفاصيل هذه التفاعلات في 1935، وهكـذا نسميهـا تأثيرات كوريوليسـ. (كان تميز كوريوليس الآخـر في الكلية هو إدخال مـبردات المـاء، التـي لا تزال تعرف باسـم كوريوسـ). إن الأرض تـدور بسرعة 1675

كيلومتراً في الساعة عند خط الاستواء، بالرغم من أنه فيما تتحرك نحو القطبين تخف السرعة بنحو معتبر إلى 900 كيلومتر في الساعة في لندن أو باريس مثلاً. السبب في هذا جلي حين تفكرون فيه. إذا كنتم في خط الاستواء فإن الأرض الدائرة يجب أن تحملكم مسافة نحو 40,000 كيلومتر كي تعيدكم إلى البقعة نفسها، بينما إذا وقفتم بجانب القطب الشمالي يمكن أن تحتاجوا إلى السفر فقط بضعة أمتار كي تكملوا دوراناً؛ مع ذلك، في كلتا الحالتين يستغرق الأمر 24 ساعة لإعادتكم من حيث بدأتم. لذا، كلما اقتربتم من خط الاستواء زادت سرعة دورانكم.

إن تأثير كوريوليس يشرح لماذا أي شيء يتحرك في الجو في خط مستقيم بجانب دوران الأرض سوف –مفترضين مسافة كافية– يبدو منعطفاً إلى اليمين في نصف الكرة الشمالي، وإلى اليسار في النصف الجنوبي فيما الأرض تدور تحته. إن الطريقة العادية لتصور هذا هي أن تتخيلوا أنفسكم في مركز دوّامة خيل، وتقذفوا كرة إلى شخص يجلس على الحافة. في الوقت الذي تصل فيه الكرة إلى المحيط، يكون الشخص المستهدف قد تحرك ومرت الكرة خلفه. من منظوره، يبدو وكأن الكرة انحرفت بعيداً عنه. هذا هو تأثير (قوة) كوريوليس وهي ما يمنح أنظمة تنوّعها شذوذها ويجعل الأعاصير تتدوّر كالقمم. ويشرح تأثير كوريوليس لماذا يجب أن تُعدّل مدفعية البحرية إلى اليسار أو اليمين؛ ذلك أن قذيفة تطلق لمسافة 15 ميلاً يمكن أن تنحرف نحو 100 ياردة، وتسقط في البحر دون أن تؤذي أحداً.

بالرغم من الأهمية السيكولوجية والعملية للطقس للجميع تقريباً، فإن علم الأرصاد الجوية لم يصبح علماً حتى وقت قصير قبل بداية القرن التاسع عشر (بالرغم من أن مصطلح علم الأرصاد الجوية كان موجوداً منذ 1626 وقد نحته تي. جرانجر في كتاب عن المنطق).

كان جزءاً من المشكلة هو أن علم الأرصاد الجوية الناجح يقتضي القياسات الدقيقة لدرجات الحرارة، وبرهنت المقاييس لوقت طويل أنه من الصعب صناعتها. وكانت القراءة الصحيحة تعتمد على إدخال عيار دقيق جداً في أنبوب زجاجي ولم يكن من السهل فعل هذا. كان الشخص الأول الذي حل المشكلة هو (دانييل جابرييل فاهرنهايت)، وهو صانع هولندي للأدوات، أنتج مقياساً دقيقاً لدرجات الحرارة في

1717. على أي حال، لأسباب مجهولة عيّر الأداة بطريقة وضعت التجمد عند 32 درجة والغليان عند 212 درجة. كانت هذه الغرابة العددية مزعجة لبعض الأشخاص من البداية، وفي 1742 قام عالم الفلك السويدي أندريز سلسيوس بصناعة مقياس منافس. وباعتباره برهاناً على فرضية أن المخترعين نادراً ما يقومون بالأشياء بشكل صحيح تماماً، جعل سلسيوس نقطة الغليان هي الصفر والتجمد هي 100 على هذا المقياس، ولكن هذا عُكس في الحال.

إن الشخص الذي يشار إليه دوماً على أنه والد علم الأرصاد الجوية الحديثة كان الصيدلاني الإنكليزي لوك هوارد، الذي برز في بداية القرن التاسع عشر. ويُذكر هوارد بشكل رئيس الآن لمنح أنماط السحب أسماءها في 1803. وبالرغم من أنه كان عضواً فاعلاً ومحترماً في الجمعية اللينييوسية* وطبق المبادئ اللينييوسية في خطته الجديدة، اختار هوارد الجمعية الأسكيسيّة Askesian منتدى أعلن فيه خطته الجديدة في التصنيف. (والجمعية الأسكيسيّة -كما تتذكّرون من فصل سابق- هيئة كان أعضاؤها مكرسين بشكل غير عادي لمتع الأكسيد النِّتري، وهكذا نستطيع فقط أن نأمل أنهم سيعاملون تقديم هوارد بانتباه جدي يستحقه. إنها نقطة صمت عنها دارسو هوارد بشكل يثير الفضول).

قسم هوارد السحب إلى ثلاث مجموعات: الرهج للسحب ذات الطبقات، والركام لتلك الخفيفة (الكلمة تعني متراكمة في اللاتينية) والطَّخاف (يشبه الصوف) لتلك المرتفعة، وهي تشكيلات رقيقة ناعمة تنذر عادة بطقس أبرد. وأضاف إلى هذه مصطلحاً رابعاً هو السحاب الممطر. وكان جمال نسق هوارد هو أن المكونات الأساسية يمكن أن يعاد مزجها بحرية كي تصف الأشكال والأحجام جميعاً للسحابة العابرة القرِد**، السّمحاق***، الركام المكفهرّ****، وهكذا دواليك. كان هذا مفاجئاً، وليس في إنكلترة فقط. ولقد سُحر غوته بهذا النسق بحيث إنّه أهدى أربع قصائد لهوارد.

* نسبة إلى عالم النبات السويدي كارولوس لينيوس.

** سحاب مؤلّف من كرات ضخمة داكنة فوق قاعدة أفقية مسطّحة كثيراً ما تحجب السماء كلها وخصوصاً في الشّتاء.

*** سحاب مرتفع أشبه ما يكون بحجاب أبيض رقيق.

**** كتلة من السحب ترتفع قممها على صورة جبال، أو أبراج وتطلق وابلاً من مطر أو ثلج. المترجم.

أُضيـف كثـير لنسق هـوارد مع مرور الزمـن إلى حد أنه بالرغم مـن أن موسوعة أطلـس سحـب العالم تقرأ قليـلاً إلا أنها صارت تتألف من جزأيـن، ومن المثير أن كل أنمـاط السحب التي صُنّفتْ بعد هوارد، كالماتوس mammatus، والبايلوس pileus، والسديميـة، وسبساتوس spissatus، والصوفيـة floccus، والمعتدلة mediocris، لم يفهمهـا أي شخص خـارج علم الأرصاد الجوية ولم يفهمها كثـيرون يعملون فيها كما قيـل لي. بالمصادفـة، إن الطبعـة الأولى الأقـل سماكة من الأطلـس، التي صدرت في 1896، قسمـت الغيوم إلى عشرة أنماط أساسيـة، التي من بينها كانت الأكثر امتلاء والتـي تشبه الوسادة هي رقم 9، الركام المفكهـر*. وهذا مصدر التعبير «أن تكون في السحابة رقم 9».

وبالمقارنة مع ثقل وعنف السحابة العاصفية التي تتشكل أحياناً وذات الرأس الذي يشبـه السندان، فـإن السحابة العادية هي شيء حميد وغـير جوهري بشكل مدهش. إن سحبـاً ركاميـة صيفية زغبية تنتشر مئـات عدة من الأمتـار إلى جانبها يمكن ألا تحتـوي علـى أكثر مـن 100 إلى 150 لتراً من المـاء «ما يكفي لملء البانيـو» ـ كما قال جيمس تريفل. يمكن أن تفهم الصفة غير الرمادية للسحب عبر الطواف في الضباب، الـذي ليس أكثر من سحابة تفتقر إلى إرادة الطيران. ولنقتبس فريل مرة ثانية: «إذا سـرت 100 ياردة عبر ضباب عادي فلن تصادف إلا نصف إنش مكعب من الماء، غير كافٍ كـي يقدم لك شربـة مشبعة». لذا ليسـت السحب مخزناً كبـيراً للمياه. إن نحو 0.035 فقط من مياه الأرض العذبة يعوم فوقنا في أي لحظة.

إن التكهّنات عـن جزيء الماء تتنوع بشكل واسع بحسب مكان سقوطه. فإذا سقط علـى أرض خصبـة فستتشربه النباتـات أو يتبخر مـن جديد في غضـون ساعات أو أيـام. إذا عثر على طريقه إلى المياه الجوفية يمكـن ألا يرى ضوء الشمس مرة أخرى

* إذا حدث وأدهشك كم هي حواف السحب الركامية ناضرة بشكل جميل ومحددة، بينما سحب أخرى هي ضبابية أكثر، فإن الشرح هو أن هناك حداً معبراً عنه بين الداخل الرطب للركامي والهواء الجاف الذي وراءه. إن أي جزيء ما يضل وراء حافة السحابة يصدمه الهواء الجاف سامحاً للسحابة بالاحتفاظ بحافتها الرائعة. إن كثيراً من سحب الطخاف المرتفعة مؤلفة من الجليد والمنطقة بين الحافة والهواء الذي وراءها غير مرسومة بشكل واضح، ولهذا تكون ضبابية عند الحواف.

لسنوات؛ بل لآلاف السنوات إذا تغلغل عميقاً. وحين تنظرون إلى بحيرة فأنتم تنظرون إلى مجموعة من الجزيئات كانت هناك لمدة عقد. وفي المحيط يعتقد أن مدة الإقامة مئة عام. إن 60% من جزيئات الماء في أثناء سقوط المطر تتم إعادتها إلى الغلاف الجوي في يوم أو اثنين. فحالما تتبخر، لا تمضي إلا أسبوعاً أو ما يقارب ذلك يقول دروري: إنها تمضي 12 يوماً في السماء قبل أن تسقط مرة أخرى مطراً.

إن التبخر عملية سريعة، كما يمكن أن تقدّر من مصير بركة في يوم صيفي. إن شيئاً كبيراً كالبحر الأبيض المتوسط سيجف في ألف سنة إذا لم يُزوّد باستمرار. حصل حدث كهذا منذ أقل من ستة ملايين عام بقليل؛ وأثار ما يعرفه العلم باسم أزمة الملوحة المسينية Messinian Salinity Crisis. ما حدث هو أن الانجراف القاري أغلق مضيق جبل طارق. وفيما كان المتوسط يجف سقطت محتوياته المتبخرة مطراً من المياه العذبة في بحار أخرى، مخففاً قليلاً من ملوحتها وجعلها في الواقع قليلة العمق بما يكفي كي تتجمد فوق مناطق ضخمة أكثر من المعتاد. أنعشت حرارة الشمس المنطقة الموسّعة من الجليد ودفعت الأرض إلى عصر جليدي.

ما هو صحيح بنحو مؤكد -بقدر ما نستطيع القول- هو أن تغيّراً قليلاً في حركية (دينامية) الأرض يمكن أن يؤدي إلى عواقب لا نستطيع تخيّلها. إن حدثاً كهذا -كما سنرى فيما بعد- يمكن أن يكون قد خلقنا.

إن محطة توليد الطاقة الحقيقية في سلوك سطح الأرض هي المحيطات. والواقع أن علماء الأرصاد الجوية يعاملون المحيط والغلاف الجوي كنظام واحد بشكل متزايد، ولهذا يجب أن نمنحهم قليلاً من انتباهنا هنا. إن الماء مدهش في الاحتفاظ بالحرارة ونقلها، وبكميات كبيرة لا يمكن تخيلها. كل يوم يحمل تيار الخليج* كمية من الحرارة إلى أوروبة تعادل منتج العالم من الفحم الحجري لعشر سنوات، ولهذا السبب بريطانية وأيرلندة فيهما شتاء معتدل بالمقارنة مع كندة وروسية. ولكن الماء

* تيار أوقيانوسي دافئ من المحيط الأطلسي الشمالي. ينطلق من خليج المكسيك ويجري شرقاً عبر مضيق فلوريدة ثم شمالاً بشرق على الساحل الجنوبي الشرقي من الولايات المتحدة الأميركية ومن هناك إلى الجزر البريطانية. ولهذا التيار أثر مباشر في تلطيف مناخ أوروبة. المترجم.

يسخـن ببطء أيضاً، لهذا السبب إن البحيرات والمسابح باردة حتى في الأيام الحارة. وهذا سبب التـأخر في البداية الرسمية الفلكية لفصل والشعور الفعلي بأن الفصل قد بـدأ. وهكذا فإن الربيع يمكن أن يبـدأ رسمياً في نصف الكرة الشمالي في آذار، ولكن النـاس لا يشعرون بالأمر في معظم الأمكنة حتى شهر نيسان.

إن المحيطات ليست كتلة واحدة موحدة من الماء. فالفروق بينها في درجة الحرارة والملوحـة والعمـق والكثافة، وغير ذلك لهـا تأثير كبير في كيفية نقلهـا للحرارة، التي بدورها تؤثر في المناخ. إن المحيط الأطلسي -على سبيل المثال- أكثر ملوحة من المحيط الهادئ، وهذا شيء جيد أيضاً. فكلما كانت المياه أكثر ملوحة كانت أكثر كثافة، والمياه الكثيفـة تغوص. فـدون حملها الزائد من الملـح، فإن تيارات المحيـط الأطلسي سوف تندفـع إلى المحيط المتجمد الشمالي وتدفئ القطب الشمـالي، ولكنها ستجرد أوروبة مـن كل دفئهـا. إن العامـل الأساسي لنقل الحـرارة على الأرض هو مـا يُعرف باسم دورة الحـرارة، التي تنشأ في تيارات بطيئة وعميقـة تحت السطح بكثير، وهذه عملية اكتشفهـا في البدايـة العالم المغامر الكونت فون رمفـورد في 1797*. ما يحدث هو أن ميـاه السطح - فيما تصل إلى جوار أوروبـة - تصبح كثيفة وتغوص إلى أعماق كبيرة وتبـدأ عودة بطيئة إلى الخلـف إلى نصف الكرة الجنوبي. وحين تصل إلى أناركتيكة، تعلـق في التيار الأناركتيكـي الحوقطبي (واقع حول أحد قطبي الأرض أو السماء). إن العمليـة بطيئة جداً. يمكن أن يستغرق الأمـر بالنسبة للمياه 1500 سنة كي تنتقل من شمال الأطلسي إلى وسط الهادي، ولكن كميات الماء والحرارة التي تنقلها كبيرة جداً والتأثير في المناخ ضخم جداً.

(أمـا بالنسبة لمسألة كيف يمكن لأي شخص أن يحزر كم تستغرق قطرة مطر كي تصـل من محيط إلى آخر، فإن الإجابة هي أن العلماء يستطيعون أن يقيسوا مركّبات

---

* إن المصطلح يعني عدداً من الأشياء لبشر مختلفين، على ما يبدو. ففي تشرين الأول 2002، قال كارل ونش من إم آي تي في تقرير نُشر في مجلة ساينس: «ما هي دورة الحرارة؟» قال في هذا التقرير: إن التعبير استُخْدِم في مجلات بارزة كي يشير إلى سبع ظواهر مختلفة على الأقل (الدوران على مستوى الغور، الدوران الذي تدفعه اختلافات في الكثافة أو الحماس، «دوران الانقلاب الجنوبي للكتلة»، وإلى ما هنالك. بالرغم من أنها كلها تتعلق بدورانات المحيط ونقل الحرارة، والمعنى الغامض بحذر والمعبر الذي استخدمته هنا.

في المياه مثل كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons ويستنتجوا كم مرَّ من الوقت منذ أن كانت آخر مرة في الجو. وعبر مقارنة الكثير من القياسات من أعماق وأماكن مختلفة يستطيعون أن يرسموا خريطة حركة الماء بشكل معقول).

إن دورة الحرارة لا تنقل الحرارة فحسب، وإنما تساعد أيضاً على إثارة المواد المغذية حين تصعد التيارات وتهبط، جاعلة مساحات كبيرة من المحيط قابلة للسكن بالنسبة للأسماك والكائنات البحرية الأخرى. ولسوء الحظ، يبدو كأن الدوران يمكن أن يكون حساساً جداً للتغير. فبحسب عمليات المحاكاة التي تقوم بها الكمبيوترات، حتى انخفاض عادي في المحتوى الملحي للمحيط بسبب الذوبان المتزايد لطبقة جليد غرينلندة يمكن أن يقاطع الدورة بشكل كارثي.

تقوم البحار بأعمال معروف كبيرة لنا. فهي تمتص كميات كبيرة من الكربون وتقدم وسيلة لحبسه بأمان. إن إحدى غرائب مجموعتنا الشمسية هي أن الشمس تشع الآن بنسبة أعلى بـ 25% مما كانت تفعله حين كانت المجموعة الشمسية فتية. كان يجب أن يؤدي هذا إلى أرض أكثر سخونة. وبالفعل، وكما عبر عن الأمر عالم الجيولوجيا الإنكليزي أوبريماننغ: «إن هذا التغيّر الضخم كان يجب أن يحدث تأثيراً كارثياً على الأرض، ولكن مع ذلك يبدو كأن عالمنا بالكاد قد تأثر».

وهكذا ما الذي يُبقي الكوكب مستقراً وبارداً؟ إن الحياة تفعل هذا. إن ترليونات فوق ترليونات من المتعضيات البحرية الصغيرة لم يسمع بها أبداً معظمنا المنخريات والكوكوليث coccoliths، والطحالب الكلسية تلتقط كربون الغلاف الجوي - في شكل ثاني أكسيد الكربون - حين يسقط مطراً وتستخدمه (في مزيج مع أشياء أخرى) كي تصنع أصدافها الصغيرة. فعن طريق حبس الكربون في أصدافها، تمنعه من التبخر من جديد إلى الغلاف الجوي حيث سيتجمع بشكل خطر كغاز المخضرة. وفي النهاية إن المنخريات والكوكوليث جميعاً وغيرها تموت وتسقط إلى قاع البحر، حيث تضغط في حجر جيري. ومن اللافت، أن هناك سمة خارقة للطبيعة هي الجروف البيضاء في دوفر في إنكلترة، وهي مصنوعة بشكل كامل من متعضيات بحرية صغيرة منقرضة، ولكن الأكثر لفتاً للنظر هو حين تدركون كم تعزل من الكربون بشكل تراكمي. إن

مكعباً مـن ستة إنشات من حوّار دوفر يحتوي على أكثر مـن ألف لتر من ثاني أكسيد الكربـون المضغوط الـذي كان بخلاف ذلك سيؤذينا. هناك أكـثر بنحو عشرين ألف مـرة من هذا القـدر من الكربون المحبوس في صخور الأرضـ كما في الغلاف الجوي. وفي النهايـة إن كثـيراً من هذا الحجـر الكلسي سينتهي إلى تغذيـة البراكين وسيعود الكربون إلى الجو، ويسقط على الأرض في المطر، وهذا ما يُدعى دورة الكربون طويلة الأمـد. تستغرق العملية وقتاً طويلاً نحو نصف مليون سنة لذرة كربون عادية ولكن في غياب أي إزعاج آخر تسهم جيداً في جعل المناخ مستقراً.

ولسوء الحظ، إن للكائنات البشرية ميلاً طائشاً لإزعاج هذه الدورة من خلال وضع كثـير مـن الكربون الإضـافي في الجو، سواء أكانـت المنخريات مستعدة لـه أم لا. ومنذ 1850 –كمـا قُـدّر– رفعنا نحـو 100 مليون طن مـن الكربون الإضـافي في الجو، وهذه محصلـة تزداد 7 ملايين طن سنويـاً. بالمجمل، ليس هذا دقيقاً. إن الطبيعة وفي معظم الأحيـان عبر ثوران البراكين وتآكل النباتات ترسل نحو 200 بليون طن من ثاني أكسيد الكربـون إلى الجـو كل عام، تقريباً أكـثر بثلاثين مرة مما نفعله عـن طريق السيارات والمعامل. وعليكم فقط أن تنظروا إلى الضباب العالق فوق مدننا أو الجراند جانيون أو حتى أحياناً الجروف البيضاء لدوفر، كي تروا أي فرق يحدثه إسهامنا.

نعرف من عينات الجليد القديمة جداً أن «المستوى الطبيعي لثاني أكسيد الكربون في الجـو أي قبـل أن نبـدأ بتضخيمه عـبر النشاط الصناعي هو نحـو 280 جزءاً في المليـون. وفي 1958 –حـين بدأ الناس في المختبرات ينتبهـون إليه– كان قد ارتفع إلى 315 جزءاً في المليون. واليوم هو أكثر من 360 جزءاً في المليون ويرتفع تقريباً ربع 1% كل عـام. وفي نهاية القرن العشرين سيرتفع كما تنبـأ العلماء إلى نحو 560 جزءاً في المليون.

نجحت محيطات وغابات الأرض (التي تمتصّ أيضاً كثيراً من الكربون) في إنقاذنا من أنفسنا، ولكن وكما قال بيتر كوكس من مكتب الأرصاد الجوية البريطاني: «هناك عتبـة حرجة حيث يتوقف الغلاف الأحيائي* عـن حمايتنا من تأثيرات ما يصدر عنا

* ذلك الجزء من العالم الذي يمكن للحياة أن توجد فيه. المترجم.

مـن انبعاثات ويبدأ بالفعل بزيادتهـا». والخشية هي أنه سيكـون هناك زيادة سريعة جـداً في سخونة الأرض. سيهلك كثير من الأشجار والنباتات بسبب عدم قدرتها على التكيّف، مطلقة مخازنها من الكربون مما سيعقّد المشكلة. حدثت دورات كهذه أحياناً في الماضـي البعيـد حتى دون تدخل بشري. والأنباء الطيبة هي أنه حتى في هذا الأمر، الطبيعـة رائعة جـداً. ومن المؤكـد تقريبـاً أن دورة الكربون في النهايـة ستعيد تأكيد نفسهـا وستعود الأرضـ إلى موقف استقـرار وسعادة. وفي آخر مرة حـدث فيها هذا استغرق الأمر ستين ألف عام.



الفصل الثامن عشر

البحر المتّسع

تخيّلوا أنكم تعيشون في عالم يهيمن عليه حمض مهدرج، وهو مركّب لا طعم له ولا رائحة، ومتنوّع في خصائصه، بحيث يُعد حميداً ولكنه أحياناً يُهلك بسرعة. وبحسب حالته، فإنه يستطيع أن يحرقكم أو يجمّدكم. يمكن أن يشكّل مع جزيئات عضوية معيّنة أحماضاً كربونية كريهة قادرة على تعرية الأشجار من أوراقها، وجعل أوجه التماثيل تتآكل. وحين يكون بمقادير كبيرة ويُثار فإنه يضرب بعنف يعجز عن مقاومته أي صرح بشري. وهو مادة قاتلة في غالب الأحيان حتى بالنسبة للذين تعلموا العيش معه. إنه ما نسمّيه الماء.

إن الماء في كل مكان. تتألف حبة البطاطا من 80% من الماء، وتتألف البقرة من 74%، والبكتيريا من 75%، وحبة الطماطم من 95%. حتى البشر يتألفون من 65% من الماء، مما يجعلنا في حالة سائلة أكثر مما نحن في حالة صلبة بهامش اثنين إلى واحد تقريباً. إن الماء مادة غريبة. فهو بلا شكل وشفاف، ومع ذلك نتوق إلى أن نكون قربه. ليس له طعم ومع ذلك نحب طعمه. نقطع مسافات شاسعة وندفع ثروات صغيرة؛ كي نراه في ضوء الشمس. وبالرغم من أننا نعرف أنه خطر ويُغرق عشرات الآلاف من الناس كل عام، نتلهّف كي نلهو فيه.

ولأن الماء كليّ الحضور فإننا نميل إلى إغفال المادة الفائقة للعادة الموجودة فيه. وتقريباً لا شيء فيه يمكن أن يُستخدم للقيام بنبوءات موثوقة عن مواصفات سوائل أخرى، والعكس صحيح. إذا كنت لا تعرف أي شيء عن الماء وبنيت فرضياتك على سلوك المركّبات التي هي أقرب إليه كيميائياً مثل سلينيد الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين فستتوقع غليانه في الدرجة 93 تحت الصفر، وأن يكون غازاً في درجة حرارة الغرفة.

إن معظــم السوائل حين تُبرّد تتقلص نحو 10%. يفعل الماء ذلك أيضاً، ولكن إلى نقطــة معينة فحســب. حالما يكون على شفا التجمد، يبدأ بعنــاد، وخداع، وبشكل غير متوقــع إلى أبعــد حد بالتمــدد. وفي الوقت الــذي يصبح فيه صلبــاً، يصبح أكبر مما كان عليــه بعشر مــرات. ولأنه يتمدد، فــإن الجليد يعوم في الماء «وهــذه سمة في غاية الغرابــة»، كما قــال جون جريبين. إذا افتقر إلى هذا التقلّب الرائع، فإن الجليد يمكن أن يغوص، وتتجمد البحيرات والمحيطات من القاع نحــو الأعلى. ودون جليد السطح -لحبس الحرارة في الداخل- فإن دفء الماء سيتلاشى لوقت طويل جداً ويصبح أكثر برودة مراكمــاً المزيد من الجليد. مما يؤدي إلى تجمد المحيطات وبقائها هكذا لوقت طويل جداً؛ وعلى الأرجح إلى الأبد خالقاً وضعاً لا يكفي لنشوء الحياة. وبفضلنا نحن، يبدو الماء غير واعٍ لقواعد الكيمياء وقوانين الفيزياء.

يعــرف الجميع أن صيغة الماء الكيميائية هــي H_2O، وهذا يعني أنه يتألف من ذرة أوكسجــين ضخمــة وذرتي هيدروجــين أصغر مرتبطتــين بها. إن ذرتــي الهيدروجين تتمســكان بشــدّة بمضيفتهمــا ذرة الأوكسجــين، ولكنهمــا أيضاً ترتبطــان أحياناً مع جزيئــات مــاء أخــرى. إن طبيعة جزيء ما تعنــي أنه ينخرط في نوع مــن الرقص مع جزيئــات ماء أخرى، تتزاوج الجزيئات مدة قصــيرة ثم تتحرك، مثل الشركاء الذين يتبدلــون دوماً في رقصة الكدريل الرباعية، هــذا إذا استخدمنا عبارة روبرت كونزيغ الجميلة. إن كأساً من الماء يمكن ألا يبدو حيوياً بشكل كبير، ولكن كل جزيء فيه يغيّر شــركاءه بلايين المــرات في ثانية. لهذا السبب تلتصق ذرات المــاء ببعضها؛ كي تشكل أجساماً كالبرك والبحيرات، ولكن ليس بشكل محكم جداً بحيث يمكن أن تنفصل كما حين -مثلاً- تغوص في بركة منها. في أي لحظة لا يلمس إلا 15% منها.

إن العقد قوي جداً بمعنى ما، لهذا السبب تستطيع ذرات الماء أن تتدفق نحو الأعلى حين تستخدم الأنابيب، ولهذا السبب تبدو قطرات الماء على غطاء سيارة مصممة كي تتساقــط مــع شركائها. ولهذا الماء متوتر على السطــح. فالجزيئات التي على السطح منجذبــة بقوة أكــبر إلى الجزيئات الشبيهة في الأسفل، التي إلى جانبها أكثر مما هي

منجذبة إلى جزيئات الهواء في الأعلى. وهذا يخلق نوعاً من الغشاء القوي بما يكفي لدعم الحشرات وتخطي الأحجار. إنه ما يلسع البطن في أثناء ارتماءة البطن*.

لا حاجة للقول: إننا سنضيع دونه. حين يُجرَّد الجسم البشري من الماء سرعان ما يتداعى. ففي أثناء أيام تتلاشى الشفتان «كأنهما قُطعتا، وتسودُّ اللثة، ويذوي الأنف إلى النصف، ويتقلّص الجلد حول العينين كي يمنعهما من الحركة»، كما تقول إحدى الروايات. إن الماء حيوي جداً لنا بحيث من السهل أن نغفل أن كل المياه الأخرى -عدا هذا الجزء الأصغر من الماء- سامة بشكل مميت بسبب الأملاح التي فيها.

نحتاج إلى الملح؛ كي نحيا إلى كميات صغيرة جداً منه، ولكنّ مياه البحر تحتوي على كثير من الأملاح، أكثر بسبعين مرة من الملح الذي نستطيع أن نحوّله إلى طاقة. إن لتراً عادياً من ماء البحر لا يحتوي إلا على 2.5 ملعقة شاي من الملح الشائع من النوع الذي نرشه على الطعام، ولكنه يحتوي أيضاً على كميات أكبر من عناصر ومركبات ومواد صلبة أخرى منحلة، يُطلق عليها اسم الأملاح. إن نسب هذه الأملاح والمواد المعدنية في أنسجتنا مشابهة بشكل غريب لتلك التي في مياه البحر؛ نحن نتعرق ونبكي مياه بحر، كما عبرّ مارجوليس وساغان عن الأمر ولكن الغريب في الأمر هو أننا لا نستطيع أن نتقبله بوصفه غذاء. إذا تناولتم كثيراً من الملح فستعانون من أزمة في الاستقلاب. من كل خلية، تندفع جزيئات الماء مثل كثير من رجال الإطفاء المتطوعين وتحاول أن تنقص، أو تحمل الملح الزائد المفاجئ. هذا يترك الخلايا بحاجة إلى الماء بشكل خطر وهي بحاجة إليه؛ كي تقوم بوظائفها العادية. إنها تصبح -باختصار- فاقدة للماء. وفي مواقف خطرة، ستقود الزموهة (إزالة الماء) إلى نوبات مرض مفاجئة، كفقدان الوعي والعطب الدماغي. في غضون ذلك تنقل كريات الدم المجهدة الملح إلى الكليتين، اللتين تُغمران وتُعطّلان في النهاية. ودون كليتين عاملتين تموتون. لهذا السبب لا نشرب مياه البحر.

هناك 1.3 بليون كيلومتر مكعب من الماء على الأرض، وهذا كل ما سنتمكن من الحصول عليه. إن النظام مغلق: وإذا ما تحدثنا عملياً، فلا شيء يمكن أن يضاف أو

* غطس أو غوص يتحمل فيهما البطن وطأة السقوط على الماء.

ينقص. إن المياه التي تشربها كانت موجودة وتقوم بعملها منذ أن كانت الأرض فتية. فمنذ 3.8 بلايين سنة قامت المحيطات بإنجاز أحجامها الحالية (قليلاً أو كثيراً).

يُعرف حقل الماء باسم الهيدروسفير (غلاف الأرض المائي) وهو محيطي بشكل كبير. إن 97% من كمية الماء على الأرض هي في البحار، والجزء الأكبر منه هو في المحيط الهادئ، الذي هو أكبر من كل كتل الأرض مجموعة سوية. ويحتوي الهادئ على أكثر بقليل من نصف كل مياه المحيطات (51.6%)؛ أما الأطلسي فيحتوي على 23.6% والهندي على 21.2%، تاركين فقط 3.6% للبحار الأخرى. إن العمق العادي للمحيط هو 3.86 كيلومترات، أما الهادئ فهو أعمق من الأطلسي والهندي بـ 300 متر. إن 60% من سطح الكوكب هو محيط يبلغ عمقه أكثر من 1.6 كيلومتر. وكما يقول فيليب بول: من الأفضل أن ندعو كوكبنا ماءً لا أرضاً.

إن 3% من مياه الأرض العذبة معظمه طبقات جليدية. وتوجد الكمية الأصغر 0.036% في البحيرات، والأنهار والخزّانات، وهناك جزء أصغر 0.001 فقط يوجد في الغيوم أو بخاراً. إن 90% من جليد الكوكب هو في أناركتيكة ومعظم ما تبقى في غرينلندة. اذهبوا إلى القطب الجنوبي وستقفون على ميلين من الجليد، أما في القطب الشمالي فلا يوجد إلا 15 قدماً منه. في أناركتيكة يوجد 6 ملايين ميل مكعب من الجليد فقط، ما يكفي لرفع المحيطات 200 قدم إذا ذاب كله. ولكن لو سقط كل المطر الذي في الغلاف الجوي -بشكل متساوٍ في كل مكان- فلن يزداد عمق المحيطات إلا 2 سنتمتر.

إن مستوى البحر -بالمناسبة- هو تقريباً مفهوم نظري بالكامل. فالبحار غير مستوية على الإطلاق. فالمد والرياح وقوة كريوليس وتأثيرات أخرى تبدل مستوى الماء بشكل معتبر من محيط إلى آخر وحتى داخل المحيطات. إن المحيط الهادئ أعلى بقدم ونصف على طول حافته الغربية بسبب القوة النابذة التي يسببها دوران الأرض. حين تدفع حوض ماء فإن الماء يميل إلى التدفق نحو الطرف الآخر، وكأنه متردد في المجيء معك، وهكذا فإن دوران الأرض نحو الشرق يجمع المياه على الهوامش الغربية للمحيط.

وإذا مـا فكّرنـا في أهمية البحـار الموغلة في القـدم بالنسبة لنـا، فسيدهشنا كم استغرق العالم من الوقت كي يهتم علمياً بها. فحتى القرن التاسع عشر معظم ما كان معروفـاً عن المحيطات كان يستند إلى ما يصل إلى الشاطئ أو يخرج بشباك الصيد، وكان كل مـا كُتب تقريبـاً مستنداً إلى الحكايات والفرضيات أكـثر مما هو الأمر إلى الدليـل المـادي. وفي ثلاثينيات القـرن التاسع عشر مسح العـالِم الطبيعي البريطاني إدوارد فوربس قاع المحيط الأطلسي والبحر الأبيض المتوسط، وأعلن أنه لا توجد حياة في البحر مطلقاً تحت 600 متر. بدا هذا افتراضاً معقولاً. لم يكن هناك ضوء في ذلك العمق، وهكذا لا توجد حياة نباتية، ومن المعروف أن ضغط المياه في أعماق كهذه قوي جـداً. وهكـذا كان الأمر مفاجأة حين رُفع في 1860 كبـل للتلغراف للتصليح من عمق أكـثر من 3 كيلومتر، واكتشف أنه مغلف بطبقة سميكة من المرجان والبطلينوس ونثار حي آخر.

لم يحـدث الاستقصـاء الأول المنظـم للبحار حتى عـام 1872 حـين أرسل المتحف البريطاني والجمعية الملكية والحكومة البريطانية بعثة مشتركة انطلقت من بورتسماوث في سفينة حربية سابقة تدعى إتش إم إس تشالنجر. أبحروا مدة ثلاث سنوات ونصف حول العالم، آخذين عينات من المياه، ومصطادين الأسماك بالشباك ورافعين طبقةً من الرسابـة. كان عملاً كئيباً على ما يبدو. فمن بـين 240 من العلماء ومن أفراد الطاقم، قفـز واحـد من كل أربعة من السفينة ومات ثمانيـة أو جنّوا «بعد أن دفعهم إلى الذهول الروتـين المخدر للعقل وسنوات الاستخراج» كما قالـت المؤرخة سمانثا واينبرغ. ولكنهم اجتازوا 70,000 ميل بحري، وجمعوا أكثر من 4700 نوع جديد من المتعضيات البحرية، ومـا يكفي مـن المعلومات لتأليف تقرير مـن 50 مجلداً (استغـرق 19 سنة كي يجمع)، وقدمـوا للعالم اسم منهج علمي جديد: الأوقيانوغرافيـا*. واكتشفوا أيضاً –عن طريق قياس الأعمـاق– أن هناك جبالاً مغمورة بالمياه في منتصـف الأطلسي، مما حث بعض الراصدين المثارين إلى التفكير بأنهم عثروا على قارة أطلنطيس المفقودة.

---

* علم يُعنى بدراسة المحيطات أو الأوقيانوسات من حيث اتساعها، وعمقها، وطبيعة مياهها، وما تشتمل عليه من ثروة حيوانية وغير حيوانية، وطريقة استغلال هذه الثروة. المترجم.

ولأن العالم المؤسساتي أهمل البحار في معظم الأحيان، وقع الأمر على عاتق هواة مخلصين، وبالمصادفة كي يقولوا لنا ما الذي هناك في الأسفل. وبدأ الاستقصاء الحديث للمياه العميقة مع تشارلز ويليم بيبي وأوتيس بارتون في 1930. وبالرغم من أنهما كانا شريكين متكافئين، فإن بيبي الأكثر تلوناً تلقى الثناء والانتباه أكثر. ولد بيبي في 1877 لأسرة موسرة في نيويورك سيتي، ودرس علم الحيوان في جامعة كولومبيا. وحين تعب من هذا، قرر أن يعيش حياة مغامر وسافر في الربع الآتي من القرن بشكل واسع عبر آسية وأمريكة الجنوبية، مع مجموعة من المعاونات الإناث الجذابات اللواتي وُصف عملهن بشكل مزيّف بأنهن «مؤرخات أو تقنيات» أو «مساعدات في مشكلات الأسماك». وقد دعم المساعي بسلسلة من الكتب الشعبية بعناوين مثل حافة الغابة وأيام الغابة، بالرغم من أنه ألّف أيضاً بعض الكتب المحترمة عن الحياة البرية وعلم الطيور.

في منتصف العشرينيات، وفي رحلة إلى جزر الغلاباغوس اكتشف «متع التأرجح»، كما وصف الغوص في أعماق البحر. وبعد ذلك حالاً شكل فريقاً مع بارتون الذي جاء من أسرة أكثر ثراء، ودرس أيضاً في كولومبيا وتاق إلى المغامرة. وبالرغم من أن بيبي كان يحصل على الثناء دوماً، كان بارتون في الواقع هو الذي صمم كرة الأعماق ودفع 12,000 دولار لقاء صناعتها. كانت غرفة صغيرة وقوية مصنوعة من الحديد المسبوك وتبلغ سماكتها 1.5 إنش، وفيها كوّتان تحتويان على قطع كوارتز بسماكة 3 إنشات. كانت تتسع لرجلين، ولكن إذا كانا مستعدين كي يصبحا مطلعين جداً. حتى بمعايير العصر، كانت التكنولوجيا غير معقدة. لم يكن هناك قدرة على المناورة. كانت تُعلّق ببساطة بطرف كبل طويل وتحتوي على أكثر أنظمة التنفس بدائية: وكي يحيّدا غاز ثاني أكسيد الكربون ركّبا علباً مفتوحة من كلس الصودا، ومن أجل امتصاص الرطوبة فتحا حوضاً صغيراً من كلوريد الكالسيوم،كان يلوّحان فوقه أحياناً بسعف نخل؛ كي يشجّعا على التفاعل الكيميائي.

قامت كرة الأعماق التي بلا اسم بالعمل الموكل إليها. ففي الغطسة الأولى –في حزيران 1930، في الباهاماس– حطم بارتون وبيبي رقماً قياسياً عالمياً في الغوص إلى عمق 183 متراً. وفي 1934، رفعا الرقم القياسي إلى 900 متر، الذي سيبقى هكذا

حتى بعد نهاية الحرب العالمية الثانية. كان بارتون واثقاً من أن الأداة آمنة على عمق 1400 متر، بالرغم من أن التوتر في كل مسمار ملولب وبرشام كان مسموعاً في كل عمق يهبطان إليه. كان هذا عملاً جسوراً وينطوي على مجازفة. وعلى عمق 900 متر كانت كوتهما الصغيرة تخضع لـ 19 طناً من الضغط في كل إنش مربع. فلو أنهما تجاوزا الحدود التي تسمح بها الآلة، لكان الموت فورياً في عمق كهذا، كما قال بيبي في كتبه الكثيرة ومقالاته ومواده المذاعة. كانا يخشيان بشكل خاص من أن ينقطع الحامل (الونش) الذي على ظهر السفينة الذي تربط به الكرة المعدنية وطنّان من الكبل المستقر، ويغرقهما في قاع البحر. في حالة كهذه، لا شيء يمكن أن ينقذهما.

كان الشيء الوحيد الذي لم تنتجه عمليات الغوص التي قاما بها هو كمية من العلم الجدي. فبالرغم من أنهما شاهدا كثيراً من المخلوقات التي لم تُر من قبل، فإن حدود الرؤية وحقيقة أنه لا أحد من رائدي المياه المغامرين كان عالم أوقيانوسات مدرباً، كانا يعنيان أنهما لم يكونا في الغالب قادرين على وصف مكتشفاتهما بطريقة تفصيلية يتوق إليها العلماء الحقيقيون. لم تحمل الكرة ضوءاً خارجياً، فقط لمبة مياه بقوة 250 واطاً ثبّتاها إلى النافذة، ولكن المياه تحت 150 متراً كانت عملياً غير قابلة للاختراق بأي حال، وكانوا يحدقون بالمياه عبر كوراتز سمكه ثلاثة إنشات، ولذلك فإن كل ما ينظران إليه يجب أن يكون مهتماً بهما كما يهتمان به. ومن ثمّ كل ما كانا قادرين على الإبلاغ عنه هو أنه كان هناك كثير من الأمور الغريبة في الأعماق. ففي غوص قاما به في عام 1934 بوغت بيبي حين شاهد أفعى عملاقة «طولها أكثر من عشرين قدماً وعريضة جداً». مرت بسرعة كبيرة مما جعلها أكثر من ظل. مهما كانت، لم يشاهد شيء مثلها من قبل. وبسبب غموض كهذا، تجاهل الأكاديميون تقاريرهما عامةً.

وبعد غوصهما الذي سجل رقماً قياسياً في 1934، فقد بيبي الاهتمام بالغوص وانتقل إلى مغامرات أخرى ولكن بارتون ثابر على الأمر. ولحسن حظه، كان بيبي يقول دوماً لكل من يسأله: إن بارتون هو الدماغ الحقيقي وراء المشروع، ولكن بارتون بدا غير قادر على الخروج من الظلال. كتب هو أيضاً قصصاً مثيرة عن مغامراتهما تحت الماء، وقد مثّل أيضاً في فيلم من إنتاج هوليود بعنوان: (عمالقة الأعماق)، يتحدث عن

كـرة الأعماق وظهـر في كثيرٍ من المقابلات المثيرة والمضخّمـة خيالياً مع حبّار عملاق عـدواني ومـا شابه ذلك. وقام بالإعلان عن سجائر الجمـل قائلاً: (إنها لا تسبّب لي نرفـزة). وفي عـام 1948 سجل رقماً قياسياً آخر في الغوص زاد عن الأول 50% وصل فيـه إلى 1,370 مـتراً في المحيط الهادئ قـرب كاليفورنية، ولكن العـالم بدا مصمماً علـى إغفاله. واعتقد أحد الصحفيين الذين راجعوا فيلم (عمالقة الأعماق) أن نجم الفيلم هو بيبي. ولكن في هذه الأيام، بارتون محظوظ في الحصول على الانتباه.

علـى أي حـال، كان على وشك أن يُطفأ كلياً على يـد فريق مؤلف من أب وابنه من سويسـرة، همـا أوكوست وجاك بيكار، اللذان كانا يصممـان نوعاً جديداً من المسبار دُعـي غوّاصة الأعمـاق. عُمِّد باسم تريست Trieste على اسـم المدينة الإيطالية التي بُنــي فيهـا. كانت الآلـة الجديدة قـادرة على المناورة بنحـو مستقل بالرغـم من أنها فعلـت أكثر من مجرد الصعود والهبـوط. وفي واحدة من رحلاتها الأولى إلى الأعماق - في أوائـل 1945 - نزلـت إلى تحت 4,000 متر، متجاوزة تقريباً بثلاث مرات الرقم القياسـي الذي حققه بارتـون قبل ست سنوات. ولكن الغوص إلى أعماق البحار كان يتطلب كمية كبيرة من الدعم المكلف وكان بيكار وولده على شفا الإفلاس.

وفي 1958، وقّعـا صفقـة مع البحريـة الأمريكية حصلت بمقتضاهـا البحرية على الملكيـة ولكن تركتهما مشرفـين. والآن بعد أن أغدق عليهما التمويـل، بنى بيكار وابنه المركبـة من جديد وزوداها بجدران بسماكة 13 سنتمـتراً، وقلّصا قطر النوافذ إلى 5 سنتمـترات، وكان هذا أكبر بقليل من ثقوب النظر. وصارت قوية الآن وتستطيع تحمّل الضغـط الكبير، وفي كانون الثاني 1960 غاص جـاك بيكار والملازم أول دون لاش من البحرية الأمريكية ببطء إلى قاع أعمق وادٍ في المحيط، هو خندق مريانا، الذي يبعد عن جـوام 400 كيلومتر في غرب المحيط الهادئ (الـذي اكتشفه -ولكن ليس بالمصادفة- هـاري هيس بمسباره للأعماق). استغرق الأمر أربع ساعات للهبوط إلى عمق 10.918 مـتر، أو 7 أميـال تقريباً. وبالرغم مـن أن الضغط في ذلك العمـق كان 17,000 رطل تقريباً في كل إنش مربع، لاحظا بدهشة أنهما أزعجا سمكاً مسطحاً يعيش في القاع. لم يكن لديهما العدة لالتقاط صور، ولهذا لا يوجد سجل بصري للحدث.

بعد عشرين دقيقة فقط في أعمق نقطة في العالم، عادا إلى السطح. كانت المناسبة الوحيدة التي هبط فيها البشر إلى أعماق كهذه.

بعد أربعين سنة، السؤال الذي يخطر بنحو طبيعي هو: لماذا لم يعد أحد منذ ذلك الوقت؟ والسبب في البداية هو أن الأميرال هيمان جي. ريكوفر عارض بقوة المزيد من الغوص، وهو رجل ذو مزاج عنيف، ووجهات نظر قوية، ويحكم سيطرته على دفتر الشيكات الخاص بالقسم. واعتقد أن الاستكشاف تحت الماء تبديد للموارد وأشار إلى أن البحرية ليست مؤسسة للأبحاث. فضلاً عن ذلك، كانت الأمة على وشك أن تصبح مشغولة بشكل كامل بالسفر إلى الفضاء والبحث لإرسال إنسان إلى القمر، الأمر الذي جعل استكشاف أعماق البحار يبدو غير ذي أهمية وعتيق الطراز. ولكن الاعتبار الحاسم هو أن غوص تريست لم ينجز كثيراً في الواقع. وكما قال مسؤول في البحرية فيما بعد: «لم نتعلم كثيراً من ذلك، سوى أننا استطعنا القيام بالأمر. لماذا نفعل هذا مرة ثانية؟» كان الأمر يعني -باختصار- اجتياز طريق طويل للعثور على سمكة مسطحة، ومكلفة أيضاً. إن تكرار التجربة اليوم سيكلّف 100 مليون دولار كما قالت التقديرات.

حين أدرك الباحثون تحت الماء أن البحرية لا تنوي القيام ببرنامج استكشاف موعود، دوّت صرخة مؤلمة. وكي تهدئ نقادها، قدمت البحرية تمويلاً لغواصة أكثر تقدماً، تشغّلها مؤسسة وود هول للأبحاث البحرية في ماساتشوسيتس. دُعيت آلفن على شرف عالم البحار آلن سي فاين. كانت غواصة بالغة الصغر قادرة على المناورة بشكل كامل، بالرغم من أنها لم تبلغ العمق الذي بلغته تريست. كانت هناك مشكلة واحدة فحسب: لم يستطع المصممون العثور على أي شخص يرغب في بنائها. وكما قال وليم جي. بورد في كتابه: (الكون الذي في الأسفل): «لم ترغب شركة كبيرة مثل جنرال داينمكس -التي صنعت الغواصات للبحرية- أن تتولى مشروعاً حط من قدره كل من مكتب السفن والأميرال ريكوفر، وهما زعيما الرعاية البحرية». أخيراً، صنعت شركة جنرال ميلز للأغذية آلفنز، في معمل كانت تصنع فيه الآلات لإنتاج حبوب الفطور.

كان الناس في الواقع لا يمتلكون سوى فكرة محدودة عن الأشياء الأخرى التي كانت هناك في الأسفل من أشياء أخرى. وحتى الخمسينيات، كانت أفضل الخرائط المتوافرة لعلماء المحيطات تستند بشكل كبير إلى تفاصيل قليلة من مسوح متفرقة تعود إلى 1929، ومطعمة جوهرياً بمحيط من العمل القائم على التخمين. كانت البحرية الأمريكية تمتلك خرائط ممتازة لتوجيه الغواصات عبر الأودية وحول الموائد البحرية*، ولكنها لم ترد أن تصل معلومات كهذه إلى أيدي السوفييت، ولهذا أبقت معلوماتها سرية. كان على الأكاديميين أيضاً أن يلجؤوا إلى بديل آخر هو المسوح القديمة الناقصة أو الاعتماد على الحدس. وحتى اليوم إن معرفتنا بقاع المحيط لا تزال ناقصة. إذا نظرتم إلى القمر بتلسكوب عادي في الفناء الخلفي فإنكم ستشاهدون حفراً واضحة فراكستوريوس Fracastorious، وبلانكانوس Blancanus، وزاخ Zach، وبلانك Planck، وأخرى كثيرة مألوفة لعلماء القمر ستكون مجهولة لو كانت في قيعان محيطاتنا. لدينا خرائط للمريخ أكثر مما لدينا لقيعان بحارنا.

كانت تقنيات الاستقصاء ارتجالاً تافهاً على مستوى السطح. وفي 1994 سقط عن ظهر سفينة شحن كورية 34,000 قفاز خاص برياضة الهوكي على الجليد في أثناء عاصفة في المحيط الهادي. وصلت القفازات كلها إلى الشاطئ من فانكوفر إلى فيتنام وساعدت علماء المحيطات على رصد التيارات بشكل أكثر دقة مما سبق وفعلوه.

واليوم، يبلغ عمر آلفن أربعين سنة تقريباً، ولكنها لا تزال غواصة الأبحاث الأولى في العالم. وليس هناك غواصات تستطيع أن تغوص إلى أي مكان بعمق خندق مريانا، وهناك خمس منها فحسب -بينها آلفن- تستطيع الوصول إلى أعماق «سهل الهاوية» قاع المحيط العميق الذي يغطي نصف سطح الكوكب. إن غواصة عادية تكلف 25000 دولار في اليوم كي تعمل، ولهذا نادراً ما تغوص من أجل نزوة، أو ترسل إلى أعماق البحار على أمل أنها ستعثر عشوائياً على شيء ما مهم. ويبدو كأن تجربتنا المباشرة مع عالم السطح كانت تستند إلى عمل خمسة أشخاص يستكشفون على عربات يدويّة في الحديقة بعد أن يخيّم الظلام. وكما قال روبرت كنزينغ: ربما فحص البشر «جزءاً من مليون أو بليون من ظلمة البحر. ربما أقل. ربما أقل بكثير».

* جبال بحرية صغيرة مسطحة القمة.

كان علماء المحيطات مثابرين وقامـوا بعدة اكتشافات مهمة بمواردهم المحدودة، وبينها -في عام 1977- أحد أهم الاكتشافات البيولوجية المذهلة في القرن العشرين. في ذلـك العام، عثرت آلفن على مستعمـرات متكاثرة من متعضيات ضخمة تعيش في فجـوات بحريـة عميقة أو حولها مقابل جزر الغلاباغوس، وهـي ديدان أنبوبية طولها أكثر من 3 أمتار، وبطلينوسات عرضها 30 سنتمتراً، وقريدس وبلح بحر غزير، وديدان متلويـة رفيعة. وكلها تدين بوجودها إلى مستعمرات شاسعة من البكتيريا التي تستمد طاقتهـا وغذاءها من كبريتيد الهيدروجين؛ وهو مركب سـام جداً لمخلوقات السطح، وتتدفـق بثبات من الفتحات. كان عالمـاً مستقلاً عن ضوء الشمـس والأكسجين أو أي شـيء آخر يرتبط عادة بالحياة. كان هذا نسق حيـاة لا يستند إلى التخليق الضوئي، وإنما إلى التخليق الكيميائي، وهذا ما كان سيرفضه علماء البيولوجيا ويعدّونه منافياً للطبيعة والعقل لو طرحه أحد أصحاب الخيال الجامح.

تُطلـق هـذه الفتح كميات كبيرة من الحرارة والطاقـة. إن أربعاً وعشرين من هذه الفتحات تُنْتِجُ من الطاقة ما يعادل إنتاج محطة كهربائية كبيرة، أما الحرارة فمتنوعة ومرتفعـة جـداً. إن درجـة الحرارة عند نقطـة التدفق الخارجي يمكـن أن تصل إلى 400 درجـة مئوية، بينما علـى بعد مترين يمكن أن تكون المياه أعلى من درجة التجمد بدرجتـين أو ثلاث. وقد عُثر على نـوع من الديدان يُدعى الديدان المعوية alvinellids في الأطـراف، حيـث حرارة الماء أعلى بـ 78 درجة عنـد رؤوسها مما هي عند ذيولها. اعتقـد قبـل هذا أنه لا يمكن أن تحيا متعضيات معقّدة في ماء درجة حرارته أعلى من 54 درجـة مئويـة، واكتُشفـت الآن متعضيات تعيش في مياه أكـثر سخونة من هذا وفي البرد الشديد. لقد حوّل هذا الاكتشاف فهمنا لمتطلبات الحياة.

حـلّ أيضـاً أحد الألغاز الكبرى في علم المحيطات، وهو شيء لم يدرك كثير منا أنه لغز، وأعني السبب في عدم ازدياد ملوحة المحيطات مع مرور الوقت. تحتوي المحيطات علـى كثـير من الأملاح، مـا يكفي لدفن سطـح الكوكب الأرضي إلى عمـق 150 متراً تقريبـاً. وكان مـن المعروف طيلة قرون أن الأنهار تحمل المواد المعدنية إلى البحر، وأن هـذه المـواد المعدنية تمتزج بالأيونـات في مياه المحيط لتشكيل الأمـلاح. وحتى الآن لا

توجد مشكلة. ولكن ما كان لغزاً هو أن مستويات الملوحة في البحر ثابتة. تتبخّر ملايين غالونـات الميـاه العذبة من المحيط يوميـاً، تاركة كل أملاحها خلفهـا، وهكذا فإن من المنطقـي أن تصير البحار أكثر ملوحة مع مـرور الأعوام، ولكن هذا لا يحصل. هناك شيء ما يأخذ كمية من الأملاح من الماء مساوية للكمية التي توضع فيه. ولوقت طويل جداً، لم يستطع أحد أن يعرف السبب.

إن اكتشـاف آلفـن لفتحات البحـر العميقة قـدم الإجابة. أدرك علمـاء الفيزياء الجغرافيـة أن الفجـوات تعمل كمصافٍ في حوض للأسمـاك. فحين تنحدر المياه إلى داخـل قشـرة الأرض، تُخلّص من الأمـلاح، ثم تخرج المياه النظيفـة مرة أخرى عبر أنابيـب المدخنة. إن العملية ليست سريعـة يمكن أن يستغرق الأمر عشرة ملايين عام لتنظيف المحيط، ولكن العملية فاعلة بشكل مدهش إذا لم تكونوا مستعجلين.

ربما لا شيء يتحدث بشكل أفضل عن بعدنا السيكولوجي عن أعماق المحيطات أكثر من الهدف الرئيسـ، الذي عبر عنه علماء المحيطات في أثناء العام الجغرافي العالمي، 1957 – 1958، وهـو دراسة «استخدام أعمـاق المحيطات لدفن النفايات الإشعاعية». لم تكـن هذه وظيفة رسمية –كما تفهمـون– وإنما عجرفة عامة. وبالرغم من أن الأمر لم يُعلـن عنــه كثيراً، فقد كان دفن المواد المشعة في 1957 – 1958 يحدث بقوة مرعبة، لأكثر من عقد. ومنذ 1946، كانت الولايات المتحدة تنقل براميل تتسع لخمسة وخمسين غالوناً من المواد القذرة المشعة إلى جزر فالارون –التي تبعد عن كاليفورنية 50 كيلومتراً قرب سان فرانسيسكو– حيث كانت ترميها ببساطة عن ظهر السفينة.

كان هذا عملاً قذراً بشكل فائق للعادة. وكانت معظم البراميل من النوع الذي تراه يصـدأ خلف محطات الوقود أو ينتصب أمام المصانع، دون بطانة حامية من أي نوع. وحـين لا تغوص –وهذا ما كان يحدث عـادة– كان رماة البحرية يثقبونها بالرصاص؛ كـي يجعلوا الماء يدخل فيهـا (وبالطبع لجعـل البلوتونيوم واليورانيـوم والسترونتيوم تخرج منها). وقبل أن تتوقف عملية دفن النفايات هذه في التسعينيات كانت الولايات المتحـدة قد دفنت مئـات الآلاف من البراميـل في خمسين موقعـاً في المحيط، ودفنت خمسين ألف منها تقريباً في جزر فالارون وحدها. لم تكن الولايات المتحدة هي وحدها

التي تفعل ذلك. فمـن بين دافني النفايات المتحمسين الآخرين هناك روسية والصين ونيوزلندة ومعظم الدول الأوروبية تقريباً.

مـا التأثير الذي يمكن أن يكون قد أحدثه هذا علـى الحياة في أعماق البحار؟ إنه قليـل –كما نأمل– ولكننـا في الواقع لا نمتلك فكرة عن ذلك. فجهلنا للحياة في أعماق البحـار كبـير جداً ومفاجئ. فنحن لا نعرف إلا قليلاً عـن أكثر حيوانات المحيط قوة، كالحـوت الأزرق الكبير علـى سبيل المثال، هـذا الكائن ذو المواصفـات العملاقة كما يقـول ديفد أتنبورو: «لسانه بـوزن فيل، وقلبه بحجم سيارة وبعضـ شرايينه عريضة بحيـث تستطيع أن تسبح فيها». إنه أضخم وحشـ أنتجته الأرض حتى الآن، وهو أكبر حتى من أضخم الديناصورات البطيئة. ولكن حياة الحيتان الزرقاء لا تزال مجهولة. أحياناً تطلق الحيتان الزرقاء أغنية ثم تلتقطها مرة أخرى تماماً في البقعة نفسها بعد ستـة أشهـر. وأحياناً تطلع بأغنية جديدة، لم يسمعهـا أي عضو من قبل ولكن يعرفها سابقاً. أما كيف تفعل هذا ولماذا فغير مفهوم تماماً. وهذه حيوانات تخرج إلى السطح بانتظام؛ كي تتنفس.

بالنسبـة للحيوانات التي لا تريد السطح أبداً فـإن الغموض يمكن أن يكون مشوّقاً أكـثر. فكروا بمعرفتنا بالحبّار الخرافي العملاق. بالرغم من أنه لا شيء بالمقارنة مع الحوت الأزرق، فإنه حيوان قوي جداً، عيناه بحجم كرة القدم وطول مجساته المتدلية 18 متراً. يزن طناً تقريباً وهو أكبر لافقاري على الأرض. إذا وضعتم واحداً في مسبح صغير، فلن يكون هناك كثير من المجال لأي شيء آخر. ومع ذلك لم يرَ أي عالم أو أي شخص على حد علمي حباراً عملاقاً على قيد الحياة. كرّس علماء الحيوانات حياتهم المهنية محاولين أسر أو لمح حبار عملاق حي لكنهم لم يفلحوا في ذلك. وهي تُعرف من أنها تُطرح على الشاطئ، وخصوصاً، ولأسباب مجهولة، على شواطئ جزيرة نيوزلندة الشمالية. لا بد أنها توجد في أعداد كبيرة؛ لأنها تشكّل جزءاً محورياً من غذاء حيتان العنبر، التي تحتاج إلى كثيرٍ من الغذاء*.

* إن الأجزاء غير القابلة للهضم من الحبّار العملاق –وخصوصاً مناقيرها– تتراكم في معدات حيتان العنبر في مادة تدعى العنبر، التي تستخدم في صناعة العطور مثبتاً. في المرة الآتية التي ترش فيها شانيل رقم 5 (لنفترض أنك تفعل) يمكن أن تفكّر في أنك ترش نفسك بقطارة حوت بحري لامرئي.

وبحسب أحد التقديرات، يمكن أن يكون هناك 30 مليون نوع من الحيوانات التي تعيش في البحر، معظمها لم يُكتشف بعد. لم يحدث التلميح الأول عن غزارة الحياة في البحار العميقة إلا في الستينيات بعد اختراع الجاروفة، وهي أداة لاستخراج المتعضيات ليس من قاع البحر فحسب، وإنما أيضاً من الرسابة التي في الأسفل. ففي عملية صيد واحدة بالجاروفة على طول الإفريز القاري، وعلى عمق 1.5 كيلومتر، اصطاد عالما محيطات من وودس هما (هول هواردساندلر) و(روبرت هسلر) أكثر من 25 ألف مخلوق ديدان، ونجوم البحر، وخيار البحر، وغيرها وهي تمثل 365 نوعاً. وحتى على عمق 5 كيلومترات، عثرا على 3700 مخلوق يمثلون تقريباً مئتي نوع من المتعضيات. ولم تستطع عملية الاستخراج أن تصطاد إلا تلك الأشياء التي كانت بطيئة جداً أو غبية، بحيث كانت تضل طريقها. وفي أواخر الستينيات خطرت لعالم بيولوجيا بحرية يدعى جوزف إساكس فكرة إنزال كاميرا مع طعم مثبت عليها، فعثر على حشود كثيفة من الجرِّيث الملتف، وهو مخلوق بدائي يشبه الأنقليس، وكذلك على حشود سريعة من سمك الغرناد. حيث يتوافر مصدر للطعام بشكل مفاجئ على سبيل المثال، حين يموت حوت ويغوص إلى القاع يمكن أن يعثر على 390 نوعاً من المخلوقات البحرية تتغذى عليه. وعُثر على كثير من هذه المخلوقات وهي تخرج من ثقوب على بعد 1600 كيلومتر. وتتضمن أنواعاً مثل بلح البحر والبطلينوس، اللذين لا يُعرف أنهما يسافران مسافات طويلة. ويعتقد الآن أن يرقات متعضيات معيّنة يمكن أن تندفع عبر المياه ويُعرف عن طريق وسائل كيميائية معيّنة أنها وصلت إلى مصدر للغذاء وتوقفت عنده.

لماذا نفرض على المحيطات ضريبة مفرطة كهذه إذا كانت شاسعة هكذا؟ إن بحار العالم ليست سخية جداً. إن أقل من عشر المحيط يُعدّ منتجاً بشكل طبيعي. وتحب معظم الأنواع المائية أن تكون في المياه الضحلة، حيث يوجد الدفء والماء ووفرة من المادة العضوية لإعداد سلسلة الغذاء. إن الشعب المرجانية -على سبيل المثال- تشكل أقل من 1% من سعة المحيط ولكنها تُؤوي نحو 15% من الأسماك.

ليست المحيطات غنية وفي أمكنة أخرى. خذوا أستراليا. فأستراليا التي تملك 36,735 كيلومتراً من الخط الساحلي وأكثر من 23 مليون كيلومتر مربع من المياه الإقليمية، تملك من البحر الذي يلامس شاطئها أكثر من أي بلد آخر، مع ذلك -وكما

يقول تيم فلانيري- فإن هذا لا يجعلها من الدول الخمسين الأولى في صيد الأسماك. والواقع أن أسترالية هي مستوردة كبيرة للطعام البحري. والسبب هو أن كثيراً من مياه أسترالية صحراء على غرار كثير منها (والاستثناء الملحوظ هو الحاجز المرجاني الكبير مقابل كوينزلاند، الذي هو خصب بشكل سخي. ولأن التربة فقيرة فهي لا تنتج عملياً مواد مغذية في صبيبها).

وحتى حيث تزدهر الحياة، فهي غالباً حساسة إلى حد كبير من الإزعاج. ففي السبعينيات، اكتشف الصيادون الأستراليون -وإلى حد أقل النيوزلنديون- أسماكاً معروفة قليلاً تعيش على عمق 800 متر في أفاريزهم القارية. كانت تعرف باسم الريف البرتقالية، وهي لذيذة وتوجد في أعداد كبيرة. كانت أساطيل الصيد تخرج 40000 طن من الريف في العام. ثم قام علماء البيولوجيا البحرية ببعض الاكتشافات المخيفة. إن أسماك الريف معمّرة وتنضج ببطء. يمكن أن يصل عمر بعضها إلى 150 عاماً؛ إن أي سمكة ريف سبق أن تناولتها يمكن أن تكون قد ولدت حين كانت فكتوريا ملكة. تبنت الروف نمط الحياة غير السريع هذا؛ لأن المياه التي تعيش فيها فقيرة الموارد. ففي مياه كهذه، تسرأ* الأسماك مرة واحدة في حياتها. ومن الواضح أن هذه الأسماك لا تستطيع تحمّل كثير من الإزعاج. ولسوء الحظ، في الوقت الذي أدرك فيه هذا نقص المخزون كثيراً. وحتى بإدارة جيدة ستمر عقود قبل أن ينتعش من جديد، هذا إذا حصل هذا.

وفي مكان آخر، كان سوء استغلال المحيط ضاراً ومتعمّداً أكثر. إن كثيراً من الصيادين ينتزعون زعانف أسماك القرش ثم يرمونها إلى الماء؛ كي تنفق. ففي 1998 بيعت زعانف القرش بمبلغ 110 دولار للكيلوغرام الواحد، ويبلغ ثمن صحن من حساء القرش في طوكيو 100 دولار. وقدّر صندوق الحياة البرية العالمي في 1994 أن عدد أسماك القرش التي تُقتل سنوياً يتراوح بين 40 إلى 70 مليوناً.

وفي 1995، كانت 37,000 سفينة صيد مهيأة صناعياً ونحو مليون من الزوارق الأصغر تأخذ من أسماك البحر أكثر بمرتين مما كانت تفعل قبل 25 سنة. إن

* تضع بيضها.

الجاروفات في هذه الأيام (سفن الصيد) هي أحياناً كبيرة جداً وتجر وراءها شباكاً كبيرة بما يكفي لحمل دزينة من الطائرات الضخمة. بعضها تستخدم طائرات رصد لتحديد أمكنة حشود الأسماك من الجو.

ويقدر أن ربع كل شبكة صيد تُرفع يحتوي على «صيد جانبي»، وهي أسماك لا يمكن إنزالها؛ لأنها صغيرة جداً، أو من النوع الخطأ أو تُصطاد في الفصل غير المناسب. وكما قال أحد المراقبين لمجلة الإكونومست: «لا نزال في العصور الوسطى المظلمة. إننا نرمي الشبكة ونخرجها لنشاهد ما يعلق فحسب». ومن المحتمل أن 22 مليون طن من هذه الأسماك غير المرغوب بها تُرمى في البحر مرة ثانية كل عام، ومعظمها على شكل جثث. فمقابل كل كيلوغرام من القريدس، يُقضى على نحو أربعة كيلوغرامات من الأسماك والكائنات البحرية الأخرى.

تُفرغ سفن الصيد مناطق شاسعة من قاع بحر الشمال سبع مرات في العام، وهذه درجة من الإزعاج لا يمكن أن يتحملها أي نظام بيئي. فقد أُفرط في اصطياد ثلثي الأنواع في بحر الشمال كما تقول تقديرات كثيرة. أما الأمور عبر الأطلسي فليست أفضل. تكاثرت أسماك الهلبوت مرة في أعداد كبيرة على مبعدة من نيوإنجلاند، بحيث إنّ الزوارق المفردة كانت تصطاد منها 20000 رطل في اليوم. أما الآن فإن الهلبوت منقرض على الساحل الشمالي الشرقي لأمريكة.

لا شيء -على أي حال- يُقارن بمصير سمك القُد. ففي أواخر القرن الخامس عشر، اكتشف المستكشف جون كابوت أسماك القد في أعداد لا تصدق على الضفاف الشرقية لأمريكا الشمالية، وهي مناطق من المياه الضحلة مشهورة بوجود أسماك تتغذى في القاع مثل القد. ووجد السمك بأعداد كبيرة، بحيث إنّ كابوت المدهوش قال: إن البحارة كانوا يغرفونها بالسلال. كانت بعض الضفاف شاسعة. فضفاف جورجيز -على مبعدة من ماساتشوسيتس- هي أكبر من الولاية التي تتاخمها. أما الضفاف الكبرى التي على مبعدة من نيوفاوندلاند فهي أكبر، وكانت لقرون تحتوي على كثير من أسماك القد. اعتُقِد أنها لا تُستنفد. ولكنها بالطبع انقرضت.

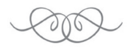
وفي 1960 انحدر عدد أسماك القد في شمال الأطلسي إلى ما قدر بـ 1.6 طن. وفي 1990 انحدر إلى 22,000 طن. وبالمصطلحات التجارية، انقرض القد. وقال مارك كرلانسكي في كتابه الرائع (أسماك القد): «إن الصيادين اصطادوا كل أسماك القد». يمكن أن يكون القد قد ضيّع المحيط الأطلسي إلى الأبد. وفي 1992 توقف صيد أسماك القد في الضفاف الكبرى، ولكن في 2002 –وبحسب تقرير نُشر في مجلة نيتشر– لم يعد المخزون من جديد. ويقول كرلانسكي: إن أسماك الفيليه أو أصابع السمك كانت في الأصل أسماك قد، ولكنها استبدلت بها سمك الحدّوق، ثم السمك الأحمر، ثم سمك البلوق من المحيط الهادئ. وقال بجفاف: «في هذه الأيام إن السمك هو أي شيء يبقى».

ويمكن قول الشيء نفسه عن كثير من الأغذية البحرية الأخرى. ففي مصائد نيوإنجلاند التي على مبعدة من رود آيلاند، كان اصطياد سرطانات بحرية تزن 9 كيلوغرامات عملاً روتينياً في إحدى المرات. كانت أحياناً تزن أكثر من 13 كيلوغراماً. إن السرطانات إذا تركت دون صيد يمكن أن تعيش لعقود نحو 70 سنة، كما يعتقد ولا تتوقف أبداً عن النمو. وفي هذه الأيام قلة من السرطانات تزن كيوغراماً واحداً. وقالت النيويورك تايمز: «إن علماء البيولوجيا يقدرون أن 90% من السرطانات اصطيد خلال عام بعد أن وصل إلى الحجم الأدنى القانوني في نحو سن السادسة». وبالرغم من انحدار الصيد، يواصل صيادو نيوإنجلاند تلقي حوافز ضريبية تشجيعية فدرالية ومن الولاية، وفي بعض الأحيان يرغمون على اقتناء قوارب أكبر والانطلاق إلى حصاد البحر بشكل أكبر. واليوم لا يعثر صيادو ماساتشوسيتس إلا على أسماك الجرِّيث الكريهة، التي لا يوجد لها إلا سوق ضئيلة في الشرق الأقصى، ولكن أعدادها تنحدر الآن.

من اللافت أننا نجهل الآلية (الدينامية) التي تحكم الحياة في البحر. إن حياة البحر أفقر مما ينبغي أن تكون عليه في مناطق أفرط في الصيد فيها، وفي بعض المياه الفقيرة بشكل طبيعي هناك من الحياة أكثر مما ينبغي أن يكون. إن المحيطات الجنوبية حول أناركتيكة لا تنتج إلا 3% من العوالق النباتية في العالم، وهذا قليل جداً –كما يبدو– لدعم نظام بيئي معقد، ولكنها مع ذلك تفعل. إن الفقمات الآكلة

للسرطانات ليست أنواعاً من الحيوانات التي سمع معظمنا بها، ولكن من المحتمل أنها بالفعل النوع الثاني الأكثر عدداً من الحيوانات على الأرض، بعد البشر. من المحتمل أن 15 مليوناً منها يعيش على الجليد المرصوص حول أناركتيكة. من المحتمل أن هناك أيضاً مليوني فقمة ويدّل، وعلى الأقل نصف مليون بطريق. إن سلسلة الغذاء غير مستقرة بشكل مقلق، ولكنها تعمل نوعاً ما. ومن اللافت أنه لا أحد يعرف كيف.

إن كل ما سبق طريقة ملتوية للقول: إننا نعرف قليلاً عن نظام الأرض الأكبر. ولكن -وكما سنرى في الصفحات المتبقية- حالما تبدؤون بالحديث عن الحياة، فإن هناك كثيراً جداً الذي لا نعرفه، وخصوصاً كيف استمرت هذه الحياة في المقام الأول.



الفصل التاسع عشر

نشوء الحياة

في 1953 أحضر طالب متخرج في جامعة شيكاغو يدعى ستانلي ميلر قارورتين: واحدة تحتوي على قليل من الماء تمثّل المحيط البدائي، وتحتوي الأخرى على مزيج من الميثان والأمونيا وغازات كبريتيد الهيدروجين تمثّل الغلاف الجوي الأول للأرض. وصلهما بأنابيب مطاطية وأدخل بعض الشرارات الكهربائية التي تمثّل البرق. بعد بضعة أيام صار لون الماء في القارورتين سائلاً أخضر وأصفر قويّاً من الأحماض الأمينية، والأحماض الدهنية، والسكريات والمركبات العضوية الأخرى. قال المشرف على ميلر، هارولد أوري، الحاصل على جائزة نوبل: «لو لم يفعل الله الأمر هكذا، لخسر رهاناً جيداً».

قالت التقارير الصحفية في ذلك الوقت: «إن كل ما يحتاج إليه الأمر هو أن يهز المرء القارورتين جيداً، وحينئذ ستزحف الحياة خارجة منهما». وكما بيّن الزمن، لم يكن الأمر سهلاً هكذا. فبالرغم من نصف قرن من الدراسة المكثّفة المتواصلة، لم نقترب اليوم إلى تركيب الحياة أكثر مما كنا عليه في 1953، ولا نزال بعيدين جداً عن التفكير في أننا نستطيع فعل ذلك. إن العلماء متأكدون الآن من أن الغلاف الجوي الأول لم يكن شيئاً مهيأ للتطور كسائل ميلر وأوري الغازي، وإنما كان مزيجاً تفاعلياً من النتروجين وثاني أكسيد الكربون. إن تكرار تجارب ميلر بهذه المعطيات الأكثر تحدياً لم ينتج حتى الآن سوى الحمض الأميني. على أي حال، إن ابتكار الأحماض الأمينية ليس هو المشكلة في الحقيقة. إن المشكلة هي البروتينات.

إن البروتينات هي ما تحصلون عليه حين تُنظّم هذه الأحماض الأمينية سوية في سلسلة، ونحن نحتاج إلى كثير منها. ولا أحد في الواقع يعرف، ولكن ربما هناك مليون نوع من البروتين في الجسم البشري، وكل واحد منها معجزة صغيرة. وبحسب كل قوانين الاحتمال إن البروتينات يجب ألا توجد. فلكي تصنع البروتين أنت بحاجة إلى

جمع الأحماض الأمينية أنا مضطر هنا بسبب التراث الطويل، كي أشير إليها باسم «الآجر الباني للحياة» في نظام خاص كما تجمع الأحرف بطريقة معينة كي تشكّل كلمة. إن المشكلة هي أن الكلمات في أبجدية الحمض الأميني هي غالباً طويلة بشكل مفرط. ولكي نتهجى كلمة «الكولاجين»*، وهم اسم نمط شائع من البروتين، نحتاج إلى ترتيب سبعة أحرف في الترتيب الصحيح. لصناعة الكولاجين، تحتاج إلى ترتيب 1,055 حمضاً أمينياً ترتيباً صحيحاً. ولكن -وهنا نقطة واضحة لكنها حاسمة- أنت لا تصنعها. إنها تصنع نفسها، تلقائياً دون اتجاه، ومن هنا تأتي الأمور البعيدة الاحتمال.

إن فرص ترتيب 1,055 جزيئاً مثل الكولاجين الذي يتجمع ذاتياً بشكل تلقائي هي صفر. إن هذا لن يحدث فحسب. كي نفهم معجزة وجوده، علينا أن نتصور آلة شقبية للقمار في لاس فيغاس موسّعة بشكل كبير إلى نحو 27 متراً، -إذا توخيّنا الدقة- كي تحتوي على 1,055 من العجلات الدائرة بدلاً من الثلاث أو الأربع العادية، وعلى عشرين رمزاً على كل عجلة (رمز واحد لكل حمض أميني شائع)*، فكم سيستغرق الوقت لشد القبضة قبل أن ترتصف كل الرموز الـ 1,055 بشكل فاعل، إلى الأبد في الترتيب الصحيح. حتى لو خفّضتم عدد العجلات الدائرة إلى 200، الذي هو بالفعل العدد العادي للأحماض الأمينية للبروتين، فإن فرصة وضع المئتين في ترتيب موصوف هي 1 من 10^{260} (أي 1 يتبعه 260 صفراً). وهذا في حد ذاته عدد أكبر من الذرات جميعاً التي في الكون.

إن البروتينات -باختصار- هي وحدات معقدة. إن الهيموغلوبين (خضاب الدم) هو بطول 146 حمضاً أمينياً فحسب، وهذا قَزَم بمعايير البروتين، ومع ذلك يقدم 10^{190} مزيجاً ممكناً من الأحماض الأمينية، ولهذا السبب استغرق عالم الكيمياء في جامعة كمبريدج ماكس بيروتز 23 عاماً من حياته المهنية، تقريباً كي يحله. إن إنتاج

* المادة البروتينية التي في النسيج الضام وفي العظام التي تنتج الهلام عند غليها في الماء الحار. المترجم.

* هناك في الواقع 22 حمضاً أمينياً تتكون بشكل طبيعي ومعروفة على الأرض، ويمكن أن المزيد ينتظر الاكتشاف، ولكن فقط 20 منها ضروري لإنتاجنا ومعظم الأشياء الحية الأخرى. إن الثاني والعشرين الذي يدعى البيروليسين، اكتشفه في 2002 باحثون في جامعة ولاية أوهايو ووجد فقط في نمط واحد قديم (شكل أساسي من الحياة سنناقشه فيما بعد) يدعى ميثانوسارسينا باركري Methanosarcina barkeri.

الحـوادث العشوائية حتى لمادة بروتين واحـدة يبدو احتمالاً غير مرجح بشكل مذهل، مثـل زوبعة تدور في فنـاء خردة وتترك خلفها طائرة كبـيرة مجمعة بشكل كامل، كما استخدم عالم الفلك فريد هويل هذا التشبيه الملون.

مـع ذلك نحن نتحدث عن مئات الآلاف من أنماط البروتين، وربما مليون، كل منها فريد –بقدر ما نعلم– وحيوي للحفاظ عليكم أقوياء وسعداء. ينطلق الأمر من هنا. كي يكـون مفيداً، يجب على البروتين ألا يتجمـع في أحماض في الترتيب الصحيح فحسب، يجب أن ينخرط أيضاً في نوع من الأرغُميّة* ويطوي نفسه في شكل محدد جداً. حتى بعد أن ينجز هذا التركيب المعقد، لن يكون البروتين جيداً لكم إذا لم يقدر على إعادة إنتاج نفسه، لكن البروتينات عاجزة عن ذلك. من أجل هذا أنتم بحاجة إلى الـ (DNA)**. فالـ (DNA) عظيم البراعة في إعادة إنتـاج نفسه يستطيع أن يصنع نسخة من نفسه في ثوانٍ، ولكنه في الواقع لا يستطيع أن يفعل أي شيء آخر. وهكذا لدينا موقف ينطوي علـى مفارقة. إن البروتينات لا تستطيع أن توجـد دون (DNA) والـ (DNA) لا هدف له دون بروتينات. هل علينا الافتراض، إذاً، أنهما ينشأان بنحو متزامن من أجل دعم بعضهما بعضاً؟ وإذا كان الأمر كذلك فيا للعجب!

ثمـة المزيد أيضاً. إن الـ (DNA)، والبروتينـات، ومكوّنات الحياة الأخرى لم يكن بوسعهـا الازدهار دون نوع مـن الغشاء الذي يحتويهـا. لا ذرة أو جزيء حدث وأنجز الحيـاة بشـكل مستقل. انتزعـوا أي ذرة من أجسامكم ولن تكـون أكثر حياة من حبة رمـل. لا تستطيع هذه المـواد المختلفة أن تؤدي دوراً في الرقصـة المذهلة التي ندعوها الحيـاة إلا حـين تجتمع سوية داخل المـلاذ المغذي للخلية. فدون الخليـة، ليست شيئاً أكـثر من مواد كيميائية مهمـة. ولكن دون المواد الكيميائية، لا هدف للخلية. كما يعبر ديفـز عن الأمـر: «إذا كان كل شيء يحتاج إلى كل شيء آخر، فكيف حدث إذاً ونشأت جماعـة الذرات في البداية؟» يبـدو كأن كل المكوّنات في مطبخكم تجتمع سوية نوعاً ما وتطبـخ نفسها كي تصير كعكة، ولكنها كعكة يمكـن أن تنقسم عند الضرورة كي تنتج

* فن ياباني المنشأ قوامه طي الورق على شكل زهرة أو طير أو غير ذلك. المترجم.

** حمض ديكوسي ريبونيوكلييك: حمض نووي يوجد في نوى الخلايا بخاصة ويتحكم تحكّماً كبيراً في عمليات الوراثة. المترجم.

المزيد من الكعك. وما يثير العجب أننا ندعوها معجزة الحياة. وما يثير العجب أيضاً أننا قد بدأنا لتونا بفهمها.

ما الذي يفسّر كل هذا التعقيد المثير للعجب؟ إن أحد الاحتمالات هو أنه ليس مثيراً للعجب بشكل كامل كما يبدو في البداية. فكّروا بتلك البروتينات. إن الأعجوبة التي نراها في اجتماعها تأتي من افتراض أنها وصلت إلى المشهد مشكّلة بشكل كامل. ولكن ماذا لو لم تجتمع سلاسل البروتين كلها فوراً؟ ماذا لو -في الآلة الشقبية الكبيرة للخلق- يمكن أن تمسك بعض العجلات، كما يمكن أن يمسك مقامر عدداً من الأوراق الواعدة؟ ماذا لو -بتعبير آخر- لم تنبثق البروتينات فجأة إلى الوجود، وإنما تطورت؟

تخيلوا أنكم أخذتم كل المكوّنات التي تصنع إنساناً: الكربون، والهيدروجين، والأوكسجين، وغيرها ووضعتموها في إناء فيه بعض الماء، وحركتم المكوّنات بقوة وخرج فجأة شخص مكتمل. سيكون هذا مذهلاً. حسناً، هذا ما قاله بشكل جوهري هويل وآخرون (وكثير من دعاة الخلق المتحمسين) حين اقترحوا أن البروتينات تشكلت تلقائياً كلها. لم تفعل ذلك ولا تستطيع. وقال رتشارد دوكنز في كتابه (صانع الساعات الأعمى): «لا بد أنه كان هناك عملية انتقاء تراكمية سمحت للأحماض الأمينية بالتجمّع في مقادير وافرة. ربما يرتبط اثنان أو ثلاثة من الأحماض الأمينية من أجل هدف بسيط ما، ثم بعد وقت تظهر في عنقود آخر صغير وبفعلها لهذا «تكون قد اكتشفت» تحسناً إضافياً».

إن التفاعلات الكيميائية المرتبطة بالحياة هي في الواقع شائعة. يمكن أن يكون خارج مقدرتنا أن نطبخها في مختبر ستانلي ميلر وهارولد أوري، ولكن الكون يقوم بها بما يكفي. إن كثيراً من الذرات في الطبيعة تجتمع سوية؛ كي تشكل سلاسل طويلة تدعى البوليمرات. وتجتمع السكريات باستمرار؛ كي تشكل النشويات. ويستطيع الكريستال القيام بعدد من الأمور الشبيهة بالحياة: التناسخ، والاستجابة للدافع البيئي، واتخاذ تعقيد نموذجي. لم تنجز الحياة نفسها أبداً -بالطبع- ولكنها تبين باستمرار أن التعقيد حدث طبيعي وتلقائي وموثوق بشكل كامل. يمكن أن يكون هناك أو لا يكون كمية كبيرة من الحياة في الكون بعامة، ولكن ليس هناك نقص في التجميع الذاتي المنظم، في كل شيء من التناسق الآسر لندف الثلج إلى أطواق زحل الجميلة.

إن هــذا الدافــع الطبيعي للتجمع قــوي جداً، بحيث إنّ كثيراً مــن العلماء يعتقدون الآن أن الحيــاة يمكــن أن تكــون حتمية أكثر ممــا نظن، أي، وكما قــال كريستيان دي دوف Christian de Duve، الحاصــل علــى جائزة نوبل: «إنهــا تَجَلٍّ إلزامي للمادة، محتــم عليه أن ينشأ أينما كانت الظروف ملائمــة». واعتقد دي دوف أنه من المحتمل أن ظروفاً كهذه ستُصادف مليون مرة في كل مجرة.

ليــس هناك بالتأكيد أي شيء غرائبي جداً في المــواد الكيميائية التي تحيينا. إذا رغبتــم بخلق أي شيء حي –ســواء كان سمكة ذهبية أو رأس خســة أو كائناً بشرياً– فإنكم ستحتاجون في الواقع إلى أربعة عناصر رئيسة فحسب: الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنتروجين، بالإضافة إلى كميات صغيرة من المواد الأخرى، وخصوصاً الكبريــت والفسفور والكالسيوم والحديد. اجمعوا هــذه سوية في ثلاث (دزينات) أو خلائط بهذا العدد؛ كي تشكل بعض السكريات والأحماض ومركبات أخرى أساسية، وعندهــا تستطيعون صنع أي شــيء حي. وكما قال دوكنز: «لا شــيء يميّز المواد التي تُصنــع منهــا الأشياء الحية. الأشيــاء الحية هي مجموعات مــن الجزيئات، مثل أي شيء آخر».

إن النقطــة الجوهريــة هــي أن الحيــاة مذهلــة ومرضيــة، وربما حتــى إعجازية، ولكنهــا ليست مستحيلــة كما يشهد على ذلــك وجودنا المتواضع باستمــرار. إن كثيراً مــن التفاصيل الرائعة لبدايات الحيــاة لا تزال غير قابلة للسبر. فــكل سيناريو سبق أن اطلعتــم عليه بخصوص الظروف الضروريــة للحياة يشتمل على الماء، من «البركة الصغيرة الدافئة» حيث افترض دارون أن الحياة بدأت في ثقوب البحر ذات الفقاعات التي هي المرشحة الأكثر شهرة لبدايات الحياة، ولكن هذا كله يهمل حقيقة أن تحويل المونيمرات monomers إلى بوليمرات (أي البدء بخلق البروتين) يشتمل على نموذج من التفاعــل تعرفه البيولوجيا باسم «ترابطات الزّمْوَهَــة». وكما يعبر عن الأمر نص بيولوجــي بارز، بتلميح بعدم الارتياح: «يتفــق البحّاثة على أن تفاعلات كهذه لن تكون مفضلة بقوة في البحر البدائي، أو في أي وسيط مائي، بسبب قانون فعل الكتلة». يشبه الأمــر قليــلاً وضع السكّــر في كأس ماء وجعلــه يصبح مكعباً. يجــب ألا يحصل هذا،

ولكن نوعاً ما، يحصل في الطبيعة. إن الكيمياء الفعلية لكل هذا مبهمة قليلاً بالنسبة لأهدافنا هنا، ولكن يكفي أن نعرف أنه إذا جُعلت المونيمرات رطبة فإنها لا تتحول إلى بوليمرات إلا في أثناء خلق الحياة على الأرض. كيف ولماذا يحدث الأمر هنا ولا يحدث بأي طريقة أخرى هو أحد أعظم الأسئلة التي لم يجب عليها علم الأحياء.

إن إحدى المفاجآت الكبرى في علوم الأرض في العقود الأخيرة كانت اكتشاف كيف نشأت الحياة في بداية التاريخ. فحتى الخمسينيات كان يُعتقد أن عمر الحياة أقل من ست مئة مليون عام. وفي السبعينيات شعرت بعض الأرواح المغامرة أن عمرها على الأرجح 2.5 بليون سنة. ولكن العمر الحالي 3.85 بليون سنة هو مبكر جداً بنحو مذهل. إن سطح الأرض لم يصبح صلباً إلا منذ نحو 3.9 بليون سنة.

قال ستيفن جي جولد في النيويورك تايمز في 1996: «نستطيع أن نستنتج من هذه السرعة فحسب أنه ليس من الصعب على حياة بكتيرية أن تتطور على كواكب بظروف ملائمة». أو كما عبر عن الأمر في مكان آخر: من الصعب تجنب استنتاج أن «الحياة تنشأ حالما تستطيع، كان هذا محتوماً كيميائياً».

نشأت الحياة بسرعة -في الواقع- بحيث إنّ بعض العلماء يعتقدون أنها تلقت مساعدة، وربما كمية جيدة من المساعدة. إن فكرة احتمال أن الحياة الأرضية أتت من الفضاء لها تاريخ. فقد أثار اللورد كلفن العظيم الاحتمال في 1871 في اجتماع للجمعية البريطانية لتقدم العلم، حين قال: إن من المحتمل «أن نيزكاً ما أحضر جراثيم الحياة إلى الأرض». ولكن المفهوم بقي مهمشاً حتى أحد أيام الأحد في أيلول 1969 حين أجفل عشرات الآلاف من الأستراليين من سلسلة انفجارات مدوية اخترقت جدار الصوت، ومشهد كرة نارية تندفع من الشرق إلى الغرب في السماء. أصدرت كرة النار صوت فرقعة غريباً حين مرت وخلّفتْ وراءها رائحة شبّهها بعضهم بالكحول المميثل، ووصفها آخرون بأنها كريهة فحسب.

انفجرت كرة النار فوق مرتشيسون، وهي بلدة يسكنها ست مئة شخص في وادي جولبرن إلى الشمال من ملبورن، وتساقطت في قطع، بعضها يزن خمسة كيلوغرامات.

ولحسن الحظ لم يتأذَّ أحد. كان النيزك من نوع نادر يعرف باسم الكوندريت الكربوني، وجمع سكان القرية القطع وأحضروا 90 كيلوغراماً منها. لم يكن التوقيت جيداً. فقبل شهريـن عـاد رواد أبولو 11 إلى الأرضـ بحقيبة مليئة بالصخـور القمرية، بحيث إنّ المختبرات في أنحاء العالم انشغلت بشكل صاخب بصخور الفضاء الخارجي.

اكتشـف أن عمر نيزك مرتشيسون 4.5 ملايين سنة، وكان مرصّعاً بأربعة وسبعين نوعـاً من الأحماض الأمينية، وثمانية منهـا منخرطة في تشكيل البروتينات الأرضية. وفي أواخـر 2004 -بعد ثلاثين سنة على سقوط النيزك- أعلن فريق في مركز أبحاث أميسـ في كاليفورنية أن صخور مرتشيســون تحتوي على خيوط معقدة من السكريات تدعى البوليول polyols لم يعثر عليها على الأرض من قبل.

ضل (كوندريت) كربوني آخر في ممر الأرض منذ 1969 سقط واحد قرب بحيرة تاغيش في يوكون بكندة في كانون الثاني عام 2000، وكان قد شوهد فوق أجزاء كبيرة مـن أمريكة الشمالية ممـا أكّد بشكل مشابه أن الكون هـو في الواقع غني بالجزيئات العضوية. ضعوا ما يكفي من هذا الحطام في مكان ملائم للأرض، مثلاً وستحصلون على العناصر الأساسية التي تحتاجها الحياة.

هنـاك مشكلتان في نظريات البانسبرميا panspermia، كما تُدعى النظريات عن العـوالم الأخـرى: الأولى هي أنهـا لا تجيب عن سؤال كيف نشـأت الحياة، وإنما تنقل المسؤوليـة عنها إلى مكان آخـر. المشكلة الثانية هي أن البانسبرميـا تميل أحياناً إلى إثـارة حتى أكثر المخلصين احترامـاً لمستويات تفكير يمكـن أن تُدعى طائشة. اقترح فرانسيسـ كريـك -المشـارك في اكتشاف الـ (DNA) - وزميلته ليـزلي أورجيل أن «غربـاء أذكياء بذروا الحياة على الأرضـ بشكل متعمّد»، وهذه فكرة يدعوها جريبين «علـى حافـة الاحترام العلمي تماماً»، أو بتعبير آخر، نظريـة ستُعدّ جنونية لو طرحها أحـد مـا لم يحصل على جائـزة نوبل. قلل فريـد هويل وزميله تشانـدرا ويكرامسينغ أيضـاً من الحماسـ للبانسبرميا مقترحين -كما قلنا في الفصـل الثالث- أن الفضاء الخارجي لم يحضر لنا الحياة فقط وإنما أيضاً أمراضاً كثيرة كالأنفلونزة والطاعون الدبلي، ولكن علماء الكيمياء الحيوية فنّدوا هذه الأفكار.

إن مـا أنشأ الحياة على الأرض -بغض النظر عن هويته- حدث مرة واحدة فقط. هذه هي الحقيقة الفائقة للعادة في البيولوجيا، وربما الحقيقة الأكثر خرقاً للعادة التي نعرفها. فكل ما سبق وعاش -سواء أكان نباتاً أو حيواناً- تعود بداياته إلى الانتفاضة البدئية. ففي نقطة ما في ماضٍ بعيد لا يمكن تخيله اندفعت حقيبة صغيرة ما من المواد الكيميائية إلى الحياة. امتصت بعض المواد المغذّية، نبضت بلطف، وكان لها وجود قصير. ربما حدث هذا الشيء كثيراً من قبل، ربما مرات كثيرة. ولكن رزمة الأسلاف هذه فعلت شيئاً إضافياً وفائقاً للعادة: شقّت نفسها وأنتجت وريثاً. عبرت رزمة صغيرة من المادة الجينية من كيان حي إلى آخر، ولم تتوقف أبداً عن الانتقال منذ ذلك الوقت. كانت هذه لحظة الخلق لنا جميعاً. وأحياناً يدعوها العلماء الولادة العظيمة.

قال مات ريدلي: «أينما ذهبتم في العالم -أي حيوان أو نبات أو حشرة أو نقطة تنظرون إليها، إذا كانت حية- فإنها ستستخدم القاموس نفسه وتعرف الشفرة نفسها. إن الحياة كلها واحدة». أنتجتنا خدعة جينية واحدة سُلّمت من جيل إلى آخر طوال أربعة ملايين عام تقريباً، إلى درجة أنكم تستطيعون أن تأخذوا جزءاً من توجيه جيني بشري وتلصقوه على خلية خميرة غير كاملة، وسترون أنها ستجعلها تعمل كأنها ملك لها. وفي الواقع إنها لها.

يجلس فجر الحياة أو شيء ما يشبهه جداً على رف في مكتب عالمة كيمياء أرضية مختصة بالنظير، وودودة تدعى فكتوريا بينيت، في بناء علوم الأرض في جامعة أسترالية الوطنية في كانبيرة. جاءت بينيت الأميركية إلى هذه الجامعة من كاليفورنية بمقتضى عقد لمدة عامين في 1989، وظلت هناك منذ ذلك الوقت. حين زرتها -في أواخر 2001- سلّمتني قطعة ضخمة وثقيلة جداً من الصخر مؤلفة من خطوط متعاقبة من الكوارتز ومادة رمادية مخضرة تدعى الكلينوبروكسين. جاءت الصخرة من جزيرة أكيليا في غرينلندة، حيث عثر على صخور قديمة غير عادية في 1997. كان عمر الصخور 3.85 بلايين عام وتمثل أقدم الرواسب البحرية التي سبق وعُثر عليها.

قالت بينيت: «لا نستطيع التأكد من أن ما تحمله احتوى مرة على متعضيات حية؛ لأنه عليك أن تسحقها لتكتشف ذلك؛ ولكنها جاءت من الرسابة نفسها، حيث تم

التنقيب عن أقدم أشكال الحياة، وهكذا فإنها على الأرجح تحتوي على الحياة». لن تعثروا على ميكروبات مستحاثية فعلية مهما فتّشتم بدقة. إن أي متعضّيات بسيطة -للأسف- سوف تكون قد اختفت بسبب العمليات التي حولت طين المحيط إلى حجر. وبدلاً من ذلك، إن ما سنراه إذا سحقنا الحجر وفحصناه مجهرياً سيكون المواد الكيميائية المتبقية التي تركتها المتعضيات خلفها، وهي نظائر الكربون ونمط من الفوسفات يدعى الأباتيت، التي تشكل سوية دليلاً قوياً على أن الصخرة احتوت مرة على مستعمرات من الأشياء الحية. وأضافت بينيت: «نستطيع أن نخمّن فقط كيف كان المتعضي يبدو. ربما كان جوهرياً كما يمكن أن تكون الحياة ولكنه كان حياة. لقد عاش. لقد تكاثر».

وأخيراً قاد إلينا.

إذا كنتم مهتمين بالصخور -على غرار بينيت- فإن الجامعة الوطنية الأسترالية هي المكان الأمثل لذلك. ويعود الفضل في هذا إلى براعة رجل متقاعد الآن يُدعى بيل كومبستون، اخترع في السبعينيات مسبار الأيونات الصغير الحساس ذا الوضوح الحالي، الذي يُعرف باسم شريمب Shrimp من أحرفه الاستهلالية الأولى مما يحرك المشاعر أكثر. وهذه آلة تقيس نسبة تآكل اليورانيوم في المعادن الصغيرة التي تدعى الزركونات. وتظهر الزركونات في معظم الصخور عدا البازلت وهي قابلة للاستمرار بشكل كبير، وتنجو من العمليات الطبيعية جميعها عدا السحج. إن الجزء الأكبر من قشرة الأرض تراجع نحو الداخل في نقطة ما، ولكن علماء الجيولوجيا كانوا يعثرون في بعض الأحيان في غرب أسترالية وغرينلندة، مثلاً على نتوءات صخرية كانت تبقى دوماً على السطح. قامت آلة كومبستون بقياس عمر هذه الصخور بدقة لا مثيل لها. بُني النموذج الأولي للمسبار واستُخدم في مشاغل قسم علوم الأرض، وتبيّن أنه صُنع من قطع غيار وبميزانية محدودة ولكنه عمل بشكل عظيم. وفي اختباره الرسمي الأول في 1982 قاس عمر أقدم شيء سبق وعُثر عليه صخرة قديمة عمرها 4.3 ملايين سنة من غرب أسترالية. أخبرتني بينيت: «لقد ولّد الأمر إثارة في ذلك الوقت، وخصوصاً العثور على شيء مهم بسرعة بواسطة تقنية جديدة».

أخذتني عبر الصالة لرؤية النموذج الحالي من المسبار، شريمب 2. كان آلة من الفولاذ كبيرة وثقيلة، طوله على الأرجح 3.5 أمتار وارتفاعه 1.5 وكان قوياً كمسبار أعماق البحار. وفي جزء ناتئ في مقدمته، كان هناك رجل يراقب خطوط الأشكال المتغيرة دوماً على شاشة وهو يدعى بوب من جامعة كانتربري في نيوزلندة. كان هناك منذ الرابعة صباحاً، كما قال لي. كانت الساعة بعد التاسعة بقليل وشغل بوب الآلة حتى الظهيرة. يعمل (شريمب 2) أربعاً وعشرين ساعة في اليوم؛ فهناك كثير من الصخور التي يجب معرفة عمرها. اسأل زوجين من علماء الجيوفيزياء كيف يعمل شيء كهذا، وسيبدأان الحديث عن وفرة النظائر ومستويات التأيّن بحماس ودّي أكثر مما هو قابل للفهم. إن خلاصة الكلام على أي حال هي أن الآلة – عبر قصف عينة من الصخر بجداول من الذرات المشحونة – قادرة على رصد فروق دقيقة في كميات الرصاص واليورانيوم في عينات الزركونات، وبهذه الوسيلة يمكن استنتاج عمر الصخور بشكل دقيق. أخبرني بوب أن الوقت يستغرق 17 دقيقة لقراءة زركون واحد، ومن الضروري قراءة عشراتٍ من كل صخرة لجعل المعطيات موثوقة. وبدا كأن العملية تشتمل على عدد من الأنشطة المتفرقة، وعلى القدر نفسه من الحافز، كالذهاب إلى مصبغة عامة. وبدا بوب في غاية السعادة، على أي حال؛ وهذه عادة النيوزلنديين المعروفة.

كان مجمع علوم الأرض مزيجاً غريباً من الأشياء، ويحتوي على مكتب هو مخبر ومستودع للآلات في آن واحد. قالت: «اعتدنا أن نصنع كل شيء هنا. كان لدينا نافخ زجاج، لكنه تقاعد. ولدينا آلتان لسحق الصخور تعملان وقتاً كاملاً». رأتْ نظرة الدهشة التي اعتلت وجهي. «ندرس كثيراً من الصخور. ويجب أن تُحضّر بعناية كبيرة. يجب أن تتأكد من أنه لا يوجد تلوث من عيّنات سابقة، لا غبار أو أي شيء آخر. إنها عملية شديدة التدقيق في التفاصيل». أرتني آلات سحق الصخور، التي كانت في الواقع قديمة، بالرغم من أن المشرفين عليها ذهبوا على ما يبدو لتناول القهوة. كان هناك إلى جانب الآلات علب كبيرة تحتوي على صخور من مختلف الأشكال والأحجام. وكانوا في الواقع يدرسون كثيراً من الصخور في الجامعة الوطنية الأسترالية.

عدنـا إلى مكتـب بينيـت، فرأيت على جدار مكتبهـا لوحة ملوّنـة للأرض رسمها فنان، وتخيّلها كما كانت منذ 3.5 بلايين سنة، حين كانت الحياة في بدايتها، في العهد القـديم الذي يدعـوه علم الأرض بالدهـر السحيق*. أظهرت اللوحـة مشهداً غريباً مـن البراكين الضخمة الناشطة جداً وبحراً بخارياً بلون النحاس تحت سماء حمراء متجهّمـة. كانـت الستروماتوليـت؛ وهي نوع مـن الصخور البكتيرية، تمـلأ الأماكن الضحلـة في المقدمة. لم تبدُ الأرض مكاناً واعداً جداً لخلـق الحياة وتغذيتها. سألتُ بينيت إن كانت اللوحة صحيحة؟

«تقـول إحدى المدارس الفكرية: إنها كانت في الواقع باردة؛ لأن الشمس كانت أكثر ضعفاً بكثير». (عرفت فيما بعد أن علماء البيولوجيا، حين يشعرون بالميل إلى النكتة، يشـيرون إلى هذا بـ «مشكلة المطعم الصيني» لأنه لدينا شمس خافتة). «فدون غلاف جـوي تقوم الأشعة فـوق البنفسجية مـن الشمس؛ حتى من شمـس ضعيفة، بتحطيم أي رابطـة أولية تصنعها الجزيئات. ومع ذلك هنا تماماً» أشارت إلى الستروماتوليت «لديك متعضيات تقريباً على السطح. إنه لغز».

«إذاً، لا نعرف كيف كان العالم آنذاك؟».

وافقت وهي تفكر.

«بأي طريقة لا يبدو مفضياً جداً إلى الحياة».

وافقـت بدماثـة. «ولكن لا بد أنه كان هنـاك شيء ما لاءم الحيـاة. وإلا فإننا لن نكون هنا».

مـن المؤكـد أن الحياة لم تكن مناسبة لنا. فلو عدتم من زمن الآلة إلى عالم الدهر السحيق، فإنكم ستركضون عائدين إلى الداخل بسرعة؛ لأنه لم يكن هناك أوكسجين للتنفـس على الأرض في ذلك الوقت كما هو الأمر على المريخ الآن. كانت الأرض أيضاً مليئـة بالأبخرة المزعجة من حمضي الهيدروكروليـك والكبريت، التي كانت قوية بما يكفـي كـي تثقب الثيـاب وتحرق الجلد. ولـن تسمح بوجـود تلك الفسحـات النظيفة

* الدهر الذي تكوّنت فيه أقدم الصخور المعروفة. المترجم.

والمتوهجة المرسومة في اللوحة في مكتب فكتوريا بينيت. إن السائل الكيميائي الذي كان الغلاف الجوي آنذاك لم يسمح إلا بقليل من ضوء الشمس بالوصول إلى الأرض. وكان القليل الذي تستطيعون رؤيته يضاء مدة وجيزة بوميض برق مشع متكرر. باختصار، كانت أرضاً، ولكنها أرض لن نتعرف عليها بأنها أرضنا.

كانت الأعياد السنوية قليلة ومتباعدة في عالم الدهر السحيق. وكانت المتعضيات البكتيرية الأشكال الوحيدة للحياة طوال بليوني سنة. عاشت، وتكاثرت، واحتشدت، ولكنها لم تظهر أي ميل معيّن للانتقال إلى مستوى آخر أكثر تحدياً من الوجود. وفي نقطة ما في الأعوام البليون الأولى من الحياة، تعلمت بكتيريات السيانو cyano-bacteria أو الأشنة الخضراء المزرقّة أن تختار مورداً متاحاً مجاناً: الهيدروجين الذي يوجد بغزارة هائلة في المياه. كانت تمتص جزيئات الماء، وتتجرّع الهيدروجين وتطلق الأوكسجين كنفاية، وبفعلها لهذا أنتجت التخليق الضوئي. وكما يقول مارجوليس وساغان: إن التخليق الضوئي هو «دون شك أهم ابتكار استقلابي في تاريخ الحياة على الكوكب» ولم تبتكره النباتات وإنما البكتيريا.

حين انتشرت بكتيريا السيانو بدأ العالم يمتلئ بـ O^2، مما سبب الرعب لتلك المتعضيات التي وجدته ساماً. وكان ساماً لها كلها في تلك الأيام. وفي عالم لا يستخدم الأوكسجين يكون الأوكسجين عالي السمّية. تستخدم كريات دمنا البيضاء الأوكسجين لقتل البكتيريا الغازية. إن سميّة الأوكسجين نادراً ما تفاجئ بعض الذين يجدونه جوهرياً لحياتنا. ويعود هذا إلى أننا نشأنا كي نستهلكه. إنه ما يجعل الزبدة فاسدة والحديد صدئاً. ولا يمكن أن نجيزه إلا إلى حد ما. إن مستوى الأوكسجين في خلايانا هو عشر المستوى الموجود في الجو فحسب.

إن المتعضيات الجديدة المستخدمة للأوكسجين لها فائدتان. كان الأوكسجين طريقة أكثر فاعلية لإنتاج الطاقة، وتغلب على المتعضيات المنافسة. فانسحب بعضها إلى العالم غير الهوائي الرطب للمستنقعات وقيعان البحيرات. وفعلت متعضيات أخرى الشيء نفسه ولكن فيما بعد (فيما بعد بكثير) هاجرت إلى جهازي وجهازكم الهضمي. إن عدداً جيداً من هذه الكائنات البدائية حية داخل أجسامكم الآن، تساعد

في هضم الطعام، ولكنها تمقت حتى أدنى تلميح عن O^2. لكن عدداً غير معروف منها أخفق في التكيف ومات.

كانت بكتيريا السيانو عملية هرب ناجحة. في البداية، لم يتراكم الأوكسجين الزائد الذي أنتجته في الغلاف الجوي، ولكنه امتزج مع الحديد لتشكيل أكسيد الحديد، الذي غاص إلى قاع البحار البدائية. لملايين من السنين، علا الصدأ العالم وهذه ظاهرة تتجلّى بوضوح في رسابة الحديد التي تقدم اليوم كثيراً من حديد العالم. وطوال عشرات الملايين من السنين لم يحدث شيء أكثر من هذا. فلو عدتم إلى عالم الدهر الفجري (الدهر الجيولوجي الثاني) فلن تعثروا على إشارات كثيرة عن وعد الحياة المستقبلية على الأرض. ربما ستعثرون هنا وهناك في البرك المحمية على طبقة من الجفاء الحي، أو على غطاء من ألوان خضراء وبنية لامعة على صخور الشاطئ، ولكن بخلاف ذلك ظلت الحياة لامرئية.

ولكن منذ نحو 3.5 بلايين سنة تجلّى شيء ما أكثر حضوراً. فأينما كانت البحار ضحلة، بدأت البنى المرئية بالظهور. ومرت في روتينها الكيميائي، وصارت بكتيريا السيانو لزجة بشكل ضئيل، واصطادت تلك اللزوجة جزيئات صغيرة من الغبار والرمال، وتوحّدت سوية؛ لتشكل بنى صلبة وغريبة قليلاً، مثل الستروماتوليت التي ظهرت في الأمكنة الضحلة في اللوحة التي على جدار مكتب فكتوريا بينيت. جاء الستروماتوليت في أشكال وأحجام مختلفة. كانت تبدو أحياناً مثل القرنبيط الضخم، وفي أحيان أخرى كحشيات زغبية (الستروماتوليت كلمة أتت من الكلمة اليونانية التي تعني الحشية)؛ وتارة جاءت في شكل أعمدة ارتفعت عشرات الأمتار فوق سطح الماء، وفي إحدى المرات ارتفعت 100 متر. كانت نوعاً من الصخور الحية في تجلياتها جميعها، وجسّدت المغامرة المشتركة الأولى في العالم، مع بعض الأنواع الأخرى من المتعضيات البدائية التي تعيش على السطح ومع أخرى تعيش في الأسفل، وكانت كل منها تستفيد من ظروف خلقتها الأخرى. وهكذا حصل العالم على نظامه البيئي الأول.

كان العلماء يعرفون طوال سنوات كثيرة عن الستروماتوليت من تشكلات الأحافير، ولكن في عام 1961 فوجئوا باكتشاف جماعة من الستروماتوليت الحية في (شارك

بي) على الساحل الشمالي الغربي البعيد لأسترالية. كان هذا غير متوقع، بحيث مرت بعض الأعوام قبل أن يدرك العلماء تماماً ما الذي عثروا عليه. واليوم -على أي حال- إن (شارك بي) يجذب السواح أو كثيراً من انتباه السواح بالرغم من أنه يبعد مئات الأميال عن أي مكان. بنيت ألواح للسير في الخليج بحيث يستطيع السواح أن يسيروا فوق الماء للنظر جيداً إلى الستروماتوليت، الذي يتنفّس بهدوء تحت السطح. إنها دون لمعان ورمادية وتبدو -كما قلتُ في كتاب سابق- كروث بقر ضخم. ولكنكم تمرون في لحظة تسبب الدوار بشكل مثير للفضول حين تجدون أنفسكم تنظرون إلى بقايا حية للأرض كما كانت منذ 3.5 بلايين سنة. وكما عبر رتشارد فورتي عن الأمر: «هذا في الحقيقة سفر زمن، ولو أن العالم كان متناغماً مع أعاجيبه الحقيقية لعُرف هذا الموقع على غرار أهرامات الجيزة». وبالرغم من أنكم لن تخمّنوا الأمر، فإن هذه الصخور البليدة تكتظ بالحياة، بما يقدر بثلاثة بلايين من المتعضيات الفردية في كل ياردة مربعة من الصخر. وحين تنظرون بدقة سترون خطوطاً صغيرة من الفقاعات ترتفع إلى السطح حين تطرح الأوكسجين. وعبر بليوني عام قامت عمليات الطرح الصغيرة برفع مستوى الأوكسجين في الغلاف الجوي للأرض 20%، ممهدةً الطريق للفصل الآتي، الأكثر تعقيداً في تاريخ الحياة.

قيل: إن بكتيريا السيانو في خليج شارك هي المتعضيات الأكثر بطئاً في النشوء على الأرض، وهي بالتأكيد الأكثر ندرة الآن. فبعد أن مُهِّدتْ الطريق لأشكال حياة أكثر تعقيداً، انقرضت بعد ذلك من الوجود في كل مكان تقريباً من قبل المتعضيات نفسها التي جعلت حياتها ممكنة. (توجد في خليج بي؛ لأن المياه عالية الملوحة بالنسبة للمخلوقات التي تتغذى عليها عادة).

إن أحد الأسباب التي جعلت الحياة تستغرق وقتاً طويلاً كي تصبح معقدة، هو أن العالم كان عليه أن ينتظر حتى تقوم المتعضيات الأبسط بأكسجة الجو بما يكفي. وكما قال فورتي: «لم يكن بوسع الحيوانات الحصول على الطاقة كي تعمل. استغرق الأمر نحو بليوني عام، 40% تقريباً من تاريخ الأرض كي تصل مستويات الأوكسجين إلى المستويات الحديثة من التركيز في الجو. ولكن حالما تم ترتيب المسرح -وعلى ما يبدو

فجـأة- نشأت خلية جديـدة، نوع يحتوي على نواة وأجسام أخرى صغيرة بشكل جماعي تدعى العُضيَّات organelles (من الكلمة اللاتينية التي تعني «أدوات صغيرة»). ويعتقد أن العمليـة بـدأت حين قامـت بكتيريا مفترسـة، أو مغامرة إما بغـزو بكتيريا أخرى أو أُسـرت من قبلها وتبين أن هذا الأمر ناسبهما كليهما. أصبحت البكتيريا الأسيرة -كما يُعتقـد- كوندريوسوم*. إن هذا الغزو الكوندريوسومي (أو حدث التكافل الباطني هذا، كمـا يحب علماء البيولوجيا تسميته) جعل الحياة المعقدة ممكنة. (أنتج غزو مشابه في النباتات جبيلة اليخضور، التي تمكن النبات من القيام بعملية التركيب الضوئي).

إن الكوندريوسومـات تتحكم بالأوكسجين بطريقـة تحرر الطاقة من مواد الغذاء. ودون هذه الخدعة المسهّلة بشكل رائع فإن الحياة على الأرض لن تكون أي شيء سوى راسب موحل من الميكروبـات البسيطة. إن الكوندريوسومات صغيرة جداً بوسعكم أن تضعوا بليوناً منها في المكان الذي تشغله حبة رمل، ولكنها أيضاً جائعة جداً. فكل مادة مغذية تمتصها تذهب لتغذيتها تقريباً.

لا نستطيـع أن نعيشـ لدقيقتين دونها، ولكن مع ذلك حتى بعد بليون سنة تتصرف الكوندريوسومات، وكأنها تفكر أن الأمور يمكن ألا تعمل بيننا. إنها تحتفظ بـ (DNA) الخاص بها، والـ (RNA) والجسيمات الريبية. وهي تتكاثر في وقت مختلف عن تكاثر خلاياها المضيفة. تبـدو كالبكتيريا، تنقسم كالبكتيريا وأحيانـاً تستجيب للمضادات الحيوية كما تفعـل البكتيريا. وهي لا تتحدث اللغة الجينية نفسها كالخلية التي تعيش فيهـا. باختصار، تحافظ علـى حقائبها محزومة. إن الأمر مثـل استضافة غريب في منزلك، ولكنه شخص كان فيه لبليون عام.

إن النـوع الجديـد من الخلايـا يعرف باسم حقيقيّـة النواة، بالمقارنـة مع النمط القديم الذي يخلو من النواة، أو السابق لها، ويبدو كأنه وصل فجأة إلى سجلّ الأحافير. إن أقـدم حقيقية نواة عرفت حتـى الآن هي الجرابانيـا Grypania التي اكتشفت في رسابـات الحديد في ميشيغان عـام 1992. وعُثر على أحافير كهذه مرة واحدة، ثم لم يعرف أي شيء عنها مدة خمس مئة مليون عام.

---

* إحدى جسيماتٍ حبيبية عصوية الشكل أو خيطية الشكل في سيتوبلازم الخلايا. المترجم.

قامــت الأرض بخطوتها الأولى؛ كــي تصبح كوكباً ممتعــاً. وبالمقارنة مع حقيقية النــواة فــإن التي تخلو مــن النواة لم تكن ســوى «حقائب من المــواد الكيميائية»، كما وصفهــا عالم الجيولوجيا البريطاني ستيفــن دروري. كانت حقيقية النواة أكبر أكبر بعشــرة آلاف مــرة من أبناء عمهــا الأبسط، وكان بوسعها أن تحمــل من الـ (DNA) أكــثر بألف مرة. وبالتدريج -وبفضل هذه الفتوحــات- صارت الحياة معقدة وخلقت نمطــين من المتعضيات: تلك التي تطرح الأوكسجين (كالنباتات) وتلك التي تستهلكه (مثلك ومثلي).

إن حقيقيــة النــواة ذات الخليــة الواحدة دعيت مــرة بالحيوانات وحيــدة الخلية (الأوليّــات) protozoa أي مــا قبل الحيــوان، ولكن المصطلح ازدري. أمــا اليوم فإن المصطلح الشائع لها فهو protists أي الفرطيسات*. وبالمقارنة مع البكتيريا السابقة، إن هــذه الفرطيسات الجديدة كانــت أعجوبة في التنظيم والتعقيد. إن الأميبة (وحيد الخلية) البسيط، يتألف فقط من خلية كبيرة دون أي طموح سوى إلى الوجود، يحتوي على 400 مليون قطعة من المعلومات الجينية في الـ (DNA) الخاص به، ما يكفي -كما قال كارل ساغان- لملء 80 كتاباً وكل منها مؤلف من 500 صفحة.

في النهايــة تعلمت حقيقية النواة خدعة أكثر فــذاذة. استغرقت بليون عام ولكنها كانــت جيدة حين أتقنتها. تعلمت أن تتشــكل سوية في كائنات معقدة متعددة الخلايا. وبفضــل هذا الابتكار كان مــن الممكن وجود الكيانات الكبــيرة والمعقدة والمرئية مثلي ومثلكم. كان كوكب الأرض جاهزاً؛ كي ينتقل إلى طوره الطَمُوح الآتي.

ولكــن قبل أن يثيرنــا هذا، من الجديــر أن نذكر أن العالم -كمــا سنرى- لا يزال ينتمي إلى الصغير جداً.

* مجموعة من المتعضيّات وحيدة الخلية، أو غير الخلوية تشمل البكتريا والفطور وأحياناً الفيروسات.

الفصل العشرون

عالم صغير

من الأفضل ألا تشغلكم ميكروباتكم بشكل موسوس. كان عالم الكيمياء والبكتيريا الفرنسي العظيم لويس باستور منشغلاً بميكروباته إلى درجة أنه كان ينظر باشمئزاز إلى الصحون جميعاً التي توضع أمامه بعدسة مكبرة، وهذه عادة لم تكسبه على الأرجح كثيراً من الدعوات المتكررة إلى العشاء.

إن محاولة الاختباء من الجراثيم لا تجدي؛ لأنها موجودة فيكم وحولكم دوماً، وفي أعداد لا تستطيعون تصورها. إذا كنتم تتمتعون بصحة جيدة ومجتهدين إلى حد ما في اتباع قواعد الصحة، فإنكم ستمتلكون قطيعاً من نحو ترليون بكتيريا ترعى في سهولكم اللحمية، نحو مئة ألف واحدة منها في كل سنتمتر مربع من الجلد. وهي هناك كي تأكل عشرة بلايين قشرة أو ما يقارب ذلك من الجلد الذي تطرحونه كل يوم، بالإضافة إلى كل الزيوت الطيبة والمعادن المدّعمة التي تتدفق من كل خلية وشق. أنتم بالنسبة لها مطعم، بجو من الدفء والحركية المستمرة. إنها تتفضل عليكم وتمنحكم الرائحة الجسدية الكريهة.

هذه هي الجراثيم التي تسكن جلدك فقط. هناك ترليونات منها ملتصقة في أحشائك ومسالك أنفك، وتتمسك بشعرك وأهدابك، وتسبح فوق سطح عينيك، وتحفر عبر مينا أسنانك. إن جهازك الهضمي يستضيف أكثر من مئة ترليون ميكروب، من أربعة أنماط على الأقل. بعضها يتعامل مع السكر، وبعضها الآخر مع النشويات، وبعضها الآخر يهاجم بكتيريا أخرى. وهناك عدد كبير جداً، مثل الملتوية المعوية الكلية الحضور، لا وظيفة مرصودة لها مطلقاً. يتألف كل جسم بشري من نحو مئة كدريليون خلية بكتيرية. فهي -باختصار- تشكل جزءاً كبيراً منا. ومن وجهة نظر الجراثيم، بالطبع، نحن جزء صغير منها.

ونظراً لأننا أذكياء بما يكفي لإنتاج المضادات الحيوية والمعقّمات واستخدامها، من السهل أن نقنع أنفسنا أننا طردنا الجراثيم إلى هوامش الوجود. لا تصدقوا ذلك. إن الجراثيم لا تبني المدن أو تمتلك حياة اجتماعية ممتعة، ولكنها ستكون هنا حين تنفجر الشمس. هذا هو كوكبها، ونحن عليه لأنها تسمح لنا بذلك.

لا تنسوا أبداً أن الجراثيم، عاشت بلايين السنين دوننا. لكننا لا نقدر أن نعيش يوماً واحداً دونها. فهي تعالج نفاياتنا وتجعلها قابلة للاستخدام مرة ثانية؛ ولن يفسد أي شيء لولا قضمها المجتهد. إنها تطهر مياهنا وتجعل تربتنا منتجة. وتركّب الجراثيم الفيتامينات في أحشائنا، وتحوّل الأشياء التي نأكلها إلى سكريات مفيدة وإلى السكّر العُدّادي (متعدّد السكّريد)، وتشن الحرب على الميكروبات الغريبة التي تنزلق إلى المريء.

نعتمد كلياً على الجراثيم من أجل انتزاع النتروجين من الجو وتحويله إلى نيوكليوتيد* وأحماض أمينية لنا. إنه إنجاز مهم وسار. وكما قال مارجوليس وساغان: إن القيام بالشيء نفسه صناعياً (كما حين نصنع السماد) يقتضي أن يسخّن الصناع مواد المصدر إلى 500 درجة مئوية، ويعصروها بضغط أعلى بثلاث مئة مرة من الضغط العادي. إن الجراثيم تفعل الشيء نفسه طوال الوقت دون جلبة، وشكراً لله، إذ لا يمكن أن يعيش متعضٍ أكبر دون النتروجين الذي تمرره. وقبل كل شيء، تواصل الميكروبات تزويدنا بالهواء الذي نتنفّسه ولإبقاء الجو مستقراً، إن الميكروبات -وبينها النسخ الحديثة من جراثيم السيانو cyanobacteria- تقدم الجزء الأكبر من أوكسجين الكوكب القابل للتنفس. إن الأشنيات ومتعضيات أخرى صغيرة تقرقر في البحر تطرح إلى الخارج نحو 150 بليون كيلوغرام من الأوكسجين كل عام.

إنها غزيرة بشكل مدهش. ويستطيع الأكثر ذعراً بينها أن يقدم جيلاً جديداً في أقل من عشر دقائق. إن كلوستريديوم برفرنجينس Clostridium perfringens، المتعض الصغير غير المستساغ الذي يسبب الغرغرينا، يستطيع أن يتكاثر في تسع دقائق ثم ينقسم ثانية. وتستطيع جرثومة واحدة، في سرعة كهذه، أن تنتج نظرياً

* أي من عدّة مركّبات عضوية تتألف من النيوكليوسيد متّحداً بحمض الفوسفوريك. المترجم.

سلالات في مدة يومين أكثر مما يوجد بروتونات في الكون. «إن خلية جرثومية واحدة تستطيع -إذا ما مُنحت زاداً ملائماً من المواد المغذّية- أن تولّد 280,000 بليون فرد في يوم واحد»، كما قال عالم الكيمياء البيولوجية الحاصل على جائزة نوبل كرستيان دي دوف Christian de Duve. وفي المدة نفسها، تستطيع الخلية البشرية أن تقوم بانقسام واحد فحسب.

إنها تنتج طفرة مرة في كل مليون انقسام. وهذا حظ سيئ للطفرة؛ ذلك لأن التغير بالنسبة للمتعضّي ينطوي دوماً على مجازفة، ولكن الجرثومة الجديدة تُمنح أحياناً بعض الفوائد العرضية، مثل القدرة على الخداع أو درء هجوم المضادات الحيوية. وبالإضافة إلى المقدرة على التطور بسرعة، تكتسب فائدة أخرى مخيفة أكثر. إن الجراثيم تتشاطر المعلومات. إن أي جرثومة تستطيع أن تأخذ قطعاً من الشفرة الوراثية من أي جرثومة أخرى. إن الجراثيم جميعاً -كما يعبّر مارجوليس وساغان عن الأمر- تسبح في بركة جينية واحدة. إن أي تغير تكيفّي يحدث في إحدى المناطق من كون الجراثيم يمكن أن ينتشر إلى منطقة أخرى. ويبدو الأمر كأن الإنسان يستطيع أن يذهب إلى حشرة، ويحصل على الشفرة الجينية الضرورية كي ينمو له جناحان أو يسير على السقف. هذا يعني -من وجهة نظر جينية- أن الجراثيم أصبحت متعضيات فائقة (سوبر) فردية وصغيرة ومنتشرة، ولا تُقهر.

تعيش الجراثيم وتزدهر على كل ما تسفحونه أو تقطّرونه أو تطرحونه. امنحوها قليلاً من الرطوبة كما حين تمررون قطعة قماش رطبة على طاولة، وسوف تزدهر كأنها خُلقت من العدم. تأكل الأخشاب، والصمغ في ورق الجدران، والمعدن في الدهان المقسّى. وقد اكتشف العلماء في أسترالية ميكروبات تعرف باسم ثيوباسيلوس كونكريتفورانس Thiobacillus concretivorans، التي عاشت ولا تستطيع أن تعيش إلا في أحماض الكبريتيك القوية والمركزة بما يكفي لتذويب الحديد. واكتُشف أن نوعاً يُدعى ميكروكوكوس راديوفيلوس Micrococcus radiophilus يعيش بسعادة في أحواض نفايات المفاعلات النووية، يلتهم البلوتونيوم وكل ما هو هناك. إن بعض الجراثيم تحلّل المواد الكيميائية التي لا تكتسب منها أي فائدة مطلقاً.

عُثر على الجراثيم في حفر الطين التي تغلي وبحيرات الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم)، عميقاً داخل الصخور، وفي قاع البحر، وفي برك مخبأة من الماء المتجمد في أودية مكموردو الجافة في أناركتيكة، وعلى عمق أحد عشر كيلومتراً في قاع المحيط الهادي حيث الضغط أعلى بألف مرة. ويبدو كأن بعض هذه الجراثيم لا يمكن القضاء عليه. إن الدينوكوكوس راديوديورانس radiodurans Deinococcus، كما قالت مجلة الإكونومست: «تمتلك مناعة ضد النشاط الإشعاعي». وإذا ما تم تفجير الـ (DNA) الخاص بها بالإشعاع تقوم القطع بإعادة التشكل على الفور «كأعضاء مصاص الدماء التي تعاود تشكّلها بسرعة في فيلم رعب».

ربما كان بقاء جرثومة ستريبتوكوكس Streptococcus على قيد الحياة هو الأمر الأكثر خرقاً للعادة الذي وجد حتى الآن. وقد أخرجت هذه البكتيريا من العدسات المختومة لكاميرا بقيت على القمر مدة عامين. باختصار، هناك بضع بيئات ليست الجراثيم مجهزة كي تعيش فيها. وقد أخبرتني فكتوريا بينيت: «إن العلماء يكتشفون الآن حين يدفعون المسبارات في فوهات المحيط الحارة أن المسبارات تبدأ بالذوبان، هناك جراثيم حتى هناك».

في العشرينيات، أعلن عالمان من جامعة شيكاغو، هما إدسون باستن وفرانك جرير أنهما عزلا من آبار النفط عترة من البكتيريا تعيش على أعماق 600 متر. رُفضت الفكرة على أنها جوهرياً منافية للطبيعة أو العقل ليس هناك شيء يعيش على عمق 600 متر، وافترُض مدة خمسين عاماً أن عيّناتهما ملوّثة بميكروبات السطح. لكننا نعرف الآن أن هناك كثيراً من الميكروبات التي تعيش عميقاً داخل الأرض، وكثير منها لا علاقة له بالعالم العضوي التقليدي. إنها تأكل الصخور أو المواد التي داخل الصخور كالحديد والكبريت والمنغنيز وغيرها. وتتنفس أشياء غريبة أيضاً مثل الحديد والكروميوم والكوبالت وحتى اليورانيوم. إن عمليات كهذه يمكن أن تكون مفيدة في تركيز الذهب والنحاس ومعادن ثمينة أخرى، وربما النفط والغاز الطبيعي. واقترح أن قضمها الذي لا يكلّ كوّن قشرة الأرض.

يعتقد بعض العلماء الآن أنه من المحتمل أن هناك 100 ترليون طن من الجراثيم التي تعيش تحت أقدامنا فيما يدعى باسم النظام البيئي الجرثومي تحت السطحي

lithoautotrophic الـذي يختصـر هكـذا SLiME. وقدّر توماس جولـد من جامعة كورنـل أنكم لو أخرجتم كل الجراثيم من باطن الأرض ورفعتموها إلى السطح، فإنها ستغطي الكوكب على عمق 15 متراً، بارتفاع بناء من أربعة طوابق. إذا كانت التقديرات صحيحة يمكن أن يكون هناك حياة في باطن الأرض أكثر مما هو على سطحها.

في الأعمـاق، تتقلص الميكروبات في الحجم وتصبح بليدة بشـكل كبير. إن الأكثر حيوية بينها يمكن ألا ينقسم أكثر من مرة في قرن، وبعضها لا ينقسم أكثر من مرة في 500 عام. وكما عبّرت مجلة الإكونومست عن الأمر: «إن المفتاح إلى طول الحياة على مـا يبدو هو عـدم العمل كثيراً». حين تكون الظروف صعبـة، تستعدّ الجراثيم لإغلاق الأنظمـة جميعها والانتظـار إلى أوقات أفضل. وفي 1997 نشّـط العلماء بنجاح بعض أبواغ الجمرة الخبيثة التي دخلت مرحلة سبات مدة ثمانين عاماً في عرض متحفي في تروندهايم، وفي النرويج. عادت بعض المتعضيات الصغيرة الأخرى إلى الحياة بعد أن أخرجـت من علبة لحم قديمة عمرها 118 سنـة ومن زجاجة بيرة عمرها 166 سنة. وفي 1996 زعـم العلماء في أكاديمية العلـوم السوفيتية أنهم أحيوا جراثيم مجمدة في جَمَـدٍ سرمدي مدة ثلاثـة ملايين عام في سيبيريـا. ولكن العملية التـي سجلت رقماً قياسيـاً حتى الآن هـي التي قام بها رسل فريلاند وزمـلاؤه في جامعة ويست تشيستر في بنسلفانيـة في عام 2000، حـين أعلنوا أنهم أحيوا جرثومة عمرها 250 مليون عام تدعـى باسيلوس برميانس Bacillus permians اصطيـدت في رسابة ملح على عمق 600 مـتر تحت الأرض في كارلسبـاد، ونيومكسيكو. وإذا كان الأمـر هكذا، فإن هذه الجرثومة أقدم من القارات.

قوبل التقرير ببعض الشكوك القابلة للفهم. وأكد كثير من علماء الكيمياء الحيوية أنه في مدة طويلة كهذه ستصبح مكوّنات الميكروب بلا فائدة إلا إذا بعث الميكروب نفسه بـين وقـت وآخر. على أي حال، إذا تحركت الجرثومة بين مدة وأخرى، فهذا يعني أنه لا يوجد قوة داخلية من الطاقة قابلة للتصديق يمكن أن تستمر هذا الوقت الطويل. واقترح أكـثر العلماء الأكثر تشكيكاً أن العيّنة يمكن أن تكون ملوّثة، وإذا لم يحدث هذا في أثناء استردادهـا، فربما حدث حين كانت لا تـزال مدفونة. وفي 2001، قال فريق من جامعة تـل أبيـب: إن الباسيلوس برميانـس Bacillus permians مماثلة تقريبـاً لسلالة من

الجراثيم الحديثة، تدعى باسيلوس ماريسمورتوي Bacillus marismortui، اكتشفت في البحر الميت. ولم يختلف إلا اثنان من متتالياتها الجينية بشكل ضئيل فحسب.

كتب الباحثون الإسرائيليون: «هل ينبغي أن نصدق أنه خلال 250 مليون سنة راكمت باسيلوس بيرميانس الكمية نفسها من الفروق الجينية، التي يمكن أن تُنجز بين 3 إلى 7 أيام في المخبر؟» إجابة على ذلك، اقترح فريلاند أن «الجراثيم تتطور بشكل أسرع في المخبر منه في البرية».

من اللافت أن معظم المقررات المدرسية ظلت تقسم العالم الحي إلى فئتين فقط حتى عصر الفضاء: النبات والحيوان. نادراً ما ذُكرت المتعضيات الصغيرة. إن الأميبات والمتعضيات الوحيدة الخلايا عوملت بوصفها حيوانات أوليّة. وعدّت الأشنيات كسلف للنباتات. وصُنّفت الجراثيم عادة مع النباتات دون تمييز، بالرغم من أن الجميع يعرفون أنها لا تنتمي إليها. وفي أواخر القرن التاسع عشر اقترح عالم الطبيعة الألماني إرنست هايكل Ernest Haeckel أن الجراثيم تستحق أن توضع في مملكة مستقلة، سمّاها مونيرا، ولكن الفكرة لم تجذب علماء البيولوجيا حتى الستينيات، وبعضهم فقط. (إن قاموس أمريكان هيرتج الذي طبع عام 1969 لا يعرّف المصطلح).

إن كثيراً من المتعضيات في العالم المرئي خُدمت أيضاً بشكل سيئ عبر التقسيم التقليدي. فالفُطْريات -المجموعة التي تشتمل على الفطور والعفن والعفن الفطري والخمائر وفُقع الذئب*- عوملت دوماً كأشياء نباتية، بالرغم من أنه في الواقع لا شيء فيها، فكيف تتكاثر وتتنفّس، وكيف تبني نفسها يطابق عالم النبات. تجمعها -بنيوياً- أمور مشتركة أكبر مع الحيوانات في أنها تبني خلاياها من الكيتين، وهي مادة تمنحها نسيجها المميز. وتُستخدم المادة نفسها لصناعة أصداف الحشرات ومخالب الثدييات، بالرغم من أنها ليست مستساغة في الخُنفُب** كما في فطر بورتبيلو. وقبل كل شيء -وعلى عكس النباتات- إن الفطريات لا تقوم بالتخليق الضوئي، وهكذا ليس فيها كلوروفيل ولهذا ليست خضراء. وبدلاً من ذلك تنمو بشكل مباشر على مصدر

* الفطر النفّاث، ضرب من الفطور يطلق إذا ضغطت عليه أبواغاً يانعة على شكل سحابة من دخان. المترجم.

** ضرب من الخنافس لذكوره فكّان طويلان شبيهان بقرني الأيّل. المترجم.

غذائهـا، الذي يمكن أن يكون أي شيء تقريباً. إن الفطريات تأكل الكبريت عن جدار إسمنتـي أو المـادة المتآكلة بـين أصابع قدميك: وهـذا ما لا يفعله النبـات. إن الصفة النباتية الوحيدة التي تملكها هي امتلاكها للجذور.

هنـاك مجموعة لا تقبـل التصنيف بسهولة هي المجموعـة الفريدة من المتعضيات التي تعرف باسم الفطور المخاطية*. يتعلق الاسم دون شك بكثير من غموضها. وبدت تسميـة كهذه دينامية قليلاً «بروتوبلازما متنقلـة منشطة لذاتها» ولا تشبه المادة التي تجدهـا حين تصل عميقاً إلى مجرور مسدود، وهي التي جذبت الانتباه الذي تستحقه هذه الكيانات الفائقة للعادة، ذلك أن الفطور المخاطية، هي من بين المتعضيات الأكثر أهمية في الطبيعة. حين تكون الأوقات جيدة توجد كأفراد أحادية الخلايا، كالأميبات. ولكن حين تكون الظروف قاسية، تزحف إلى مكان تجمع مركزي وتصبح يرقانة رخوية بشـكل إعجازي. ليست هـذه اليرقانة شيئاً جميلاً، ولا تذهب بعيداً جداً عادة من قاع كومة من نثار الأوراق الميتة إلى الأعلى، حيث تكون في موقع مكشوف أكثر بقليل، ولكن لملايين الأعوام يمكن أن تكون هذه أروع خدعة في الكون.

لا يتوقـف هنا. فبعد أن يرفع نفسه إلى موقع مفضـل أكثر، يحوِّل الفطر المخاطي نفسـه مرة أخرى، آخذاً شكل نبتة. وبعملية تنظيمية ما غريبة تعاود الخلايا التشكل، كأعضاء فرقة موسيقية صغيرة سائرة كي تصنع عنقاً تتشكل فوقه بصلة تعرف باسم الجسـم المثمر. وفي داخل الجسم المثمر هناك ملايـين الأبواغ، التي تُطلق في اللحظة الملائمة، إلى الريح كي تندفع بعيداً وتصبح متعضيات أحادية الخلية تستطيع أن تبدأ العملية مرة ثانية.

طـوال سنوات، زعم علماء الحيوان أن الفطور المخاطية هي البرزويّات*. أما علماء الفطريات فقد زعموا أنها من الفطريات، بالرغم من أن معظم الناس يمكن أن يلاحظوا أنهـا لا تنتمـي إلى أي منهمـا. وحين وصل الفحـص الجيني، دُهشـ الأشخاص الذين يرتـدون المعاطف المخبرية من أن الفطور المخاطية كانت مميزة وفريدة، بحيث إنّها لم تكن ترتبط بشكل مباشر بأي شيء آخر في الطبيعة، وأحياناً لا ترتبط ببعضها.

* ضرب من الفطر يقع عند الحد الفاصل بين المملكة النباتية والمملكة الحيوانية. المترجم.

وفي 1969، وفي محاولة لتنظيم الأخطاء المتزايدة للتصنيف، قدّم عالم بيئة من كورنيل يدعى (ر.هـ. ويتاكر) في مجلة ساينس اقتراحاً لتقسيم الحياة إلى خمسة فروع رئيسة الممالك، كما تعرف تدعى الحيوانية، والنباتية، والفطرية، والفرطيسات والمونيرا Monera. كان مصطلح الفرطيسات Protista تعديلاً لمصطلح آخر هو protoctista الذي اقترحه منذ قرن عالم البيولوجيا الأسكتلندي جون هوغ، وكان يهدف إلى وصف أي متعضيات ليست حيواناً ولا نباتاً.

وبالرغم من أن خطة وتياكر الجديدة كانت تحسيناً كبيراً، فإن الفرطيسات بقيت دون تعريف جيد. حفظ بعض علماء التصنيف المصطلح للمتعضيات الوحيدة الخلية الكبيرة المتعضيات ذات النواة الحقيقية، ولكن آخرين نظروا إليه كدرج للبيولوجيا، يضعون فيه أي شيء لا يتلاءم في أي مكان. وشمل (بحسب النص الذي ترجع إليه) الفطور المخاطية، والأميبات، وحتى أعشاب البحر، بين أشياء أخرى كثيرة. كان يحتوي على مئتي ألف نوع مختلف من المتعضيات كلها مذكورة. وكان فيه كثير من الأخطاء.

فيما كان تصنيف ويتاكر المؤلف من خمس ممالك يعثر على طريقه إلى المقررات المدرسية، كان هناك أكاديمي غير مدّعٍ في جامعة إلينيوي يشق طريقه نحو اكتشاف سيتحدى كل شيء. كان اسمه كارل ووس (تتناغم كنيته مع كلمة وردة بالإنكليزية: روز). ومنذ منتصف الستينيات أو منذ أن كان ممكناً فعل ذلك كان يدرس بهدوء المتتاليات الجينية في الجراثيم. وفي الأيام الأولى، كانت هذه عملية مجهدة جداً. فالعمل على جرثومة واحدة يمكن أن يستهلك عاماً. وفي ذلك الوقت، وبحسب ووس، لم يكن معروفاً سوى خمس مئة نوع من الجراثيم، وهذا أقل من عدد الجراثيم الموجودة في فمك. أما اليوم فإن العدد أكبر من هذا بعشر مرات، بالرغم من أن هذا دون الـ 26,900 نوع من الأشنيات والـ 70,000 نوع من الفُطريات، والـ 30,800 نوع من الأميبات والمتعضيات الأخرى ذات الصلة التي تملأ سيرها حوليات البيولوجيا.

ليست عدم المبالاة هي التي تجعل العدد الكلي منخفضاً. يمكن أن تكون الجراثيم صعبة العزل والدراسة بشكل يثير الغضب. لا ينمو إلا نحو 1% منها في الجو الحضاري، أما ما تبقى فقابل للتكيف بشكل وحشي في الطبيعة، وإنها لحقيقة غريبة

أن المـكان الوحيـد الذي تبدو أنها لا ترغب بأن تعيش فيه هو صَحْفة بتري*. ارمها في طبقة من (الأغرة)** وأشبعها كما تشاء، وسيسكن معظمها هناك، رافضاً أي إغراء للتفتـح. إن أي جراثيـم تزدهر في مخبر هـي بالتعريف استثنائيـة، ومع ذلك، كانت هـذه، حصريـاً المتعضيات التي درسها علماء الأحيـاء المجهرية. كان الأمر -كما قال ووس-: «مثل التعلّم عن الحيوانات من خلال زيارة حدائق الحيوانات».

علـى أي حـال، سمحت الجينات لووس بأن يقارب المتعضيـات المجهرية من زاوية مختلفة. وفيما كان يعمل، أدرك أن هناك انقسامات أكثر جوهرية في العالم الميكروبي أكـثر مما اشتبه أي شخص. إن كثيراً مـن المتعضيات الصغيرة التي بدت كالبكتيريا وتصرفـت مثلهـا كانت بالفعـل شيئاً آخر تمامـاً، شيئاً تفرّع عـن البكتيريا منذ زمن طويل جداً. دعا ووس هذه المتعضيات البكتيريا القديمة.

يجب أن نضيف أن المواصفات التي تميز الجراثيم القديمة عن الجراثيم الحالية ليسـت من النوع الذي سيسرّع نبض أي شخص سـوى عالم البيولوجيا. إنها معظمها فـروق في المركبات العضوية وغياب شيء ما يدعى البيتيدوجليكان peptidoglycan. ولكـن هذا ينطوي عملياً على فرق كبـير. إن الجراثيم القديمة مختلفة عن البكتيريا أكـثر من اختلافي أنا وأنت عن عنكبوت أو سرطـان. واكتشف ووس انقساماً جوهرياً للحياة غير قابل للشك، يتوضع فوق مستوى المملكة في أوج شجرة الحياة الكونية، كما تُعرف بشكل تبجيلي.

وفي 1976 فاجـأ العالم أو على الأقل القسم القليـل منه الذي كان ينتبه إلى الأمر عـبر إعادة رسـم شجرة الحياة لإدخال ليـس خمسة انقسامات رئيسـة، وإنما ثلاثة وعشريـن. صنـف هـذه تحت فئات ثـلاث رئيسـة الجراثيـم، والجراثيـم القديمة، واليوكاريا Eukarya دعاها حقولاً. الترتيب الجديد هو كالآتي:

- البكتيريا: بكتيريا السيانو، والبكتيريا الأرجوانية، والبكتيريا الخضراء غير الكبريتية، وبكتيريا الفلافو flavobacteria، وبكتيريا الثيرموتوجاليس thermotogales.

---

* صحن زجاجي صغير رقيق ذو غطاء مرن يُستعمل خصوصاً في المختبرات لزراعة البكتيريا. المترجم.

** مادة هلامية تُستخلص من بعض الطحالب البحرية تُستخدم في صنع المربيات والعقاقير الطبية ومستحضرات التجميل. المترجم.

- البكتيريا أو الجراثيم القديمة: المتعضيات القديمة التي تألف الملح، الميثانوسارسينا methanosarcina، والميثانوباكتريوم، والميثانوكوكس methanococcus، والثيرموسيلر thermoceler، والثيرموبروتيوس thermoproteus وبايروديكتيوم pyrodictium.

- اليوكاريا Eukarya: الدبلوماد diplomads، والميكروسبوريديا microsporidia، والتريكوموناد trichomonads، والسوطيّات*، والأميبات الداخلية، الفطور المخاطية، والهدبيّات، والنباتات، والفطريات والحيوانات.

لم تعصف تقسيمات ووس الجديدة بعالم البيولوجيا. رفض بعضهم نسقه قائلين: إنه منحاز جداً إلى العالم الميكروبي. وتجاهله كثيرون. وكما قالت فرانسيس آشكروفت: «شعر ووس بخيبة أمل مريرة». ولكن خطته الجديدة بدأت تشد ببطء انتباه علماء الأحياء المجهرية. كان علماء النبات والحيوان أكثر بطئاً في فهم إسهاماته. وليس من الصعب معرفة سبب ذلك. ففي نموذج ووس، نُفي عالما النبات والحيوان إلى بضعة أغصان على الفرع الخارجي لغصن اليوكاريا. أما كل شيء آخر فينتمي إلى الكائنات وحيدة الخلية.

قال ووس لمحاور في عام 1996: «إن هؤلاء الأشخاص يصنفون من زاوية التشابهات والفروق اللغوية الواضحة. فقد واجه كثيرون منهم صعوبة في فهم فكرة فعل هذا من زاوية التواتر الجزيئي». باختصار، حين لا يقدرون على فهم الفرق بأعينهم، فإنهم لا يحبونه. وهكذا أصرّوا على تقسيم الممالك الخمس التقليدي، وهذا ترتيب دعاه ووس «غير مفيد جداً» في لحظاته الأكثر دماثة و«مضللاً جداً» في كل ما تبقى من الوقت.

قال ووس: «إن البيولوجيا -كالفيزياء قبلها- انتقلت إلى مستوى حيث لا يمكن إدراك الأشياء المهمة وتفاعلاتها عبر الرصد المباشر».

وفي 1998 قام عالم الحيوان العظيم والمسِّنُ في جامعة هارفارد إرنست ماير (الذي كان آنذاك في الرابعة والتسعين من عمره وحين بدأت بتأليف الكتاب كان يقترب من المئة ولا يزال قوياً) بإثارة الموضوع أكثر حين أعلن أنه يجب أن يكون

* حييوينات وحيدة الخلية.

هناك تقسيمــان للحياة فحسب وسمّاهما إمبراطوريتــين. وفي بحث نُشر في محاضر الأكاديميــة الوطنية للعلوم، قال ماير: إن اكتشافــات ووس مهمة ولكنها مضللة بشكل كامــل، مضيفاً أن «ووس لم يكــن مدرباً باعتباره عالم بيولوجيا في مبادئ التصنيف»، وهذا قريب من قول عالم متميز عن آخر: إنه لا يعرف ما يتحدث عنه.

إن مواصفات انتقادات ماير تقنية جداً فهي تشتمل على مسائل الانقسام المنصِّف (الاختزالي) الجنسي، وتأويلات مثيرة للجدل لجينوم ميثانوبكتريوم ثيرموأتروفيكوم Methanobacterium thermoautrophicum، بين أمور أخرى كثيرة إلا أن جوهر ما يقوله هو: إن ترتيب ووس يخل بتوازن شجرة الحياة. يتألف حقل البكتيريا، كما يقول مايــر، ليســ أكثر من بضعــة آلاف من الأنــواع، بينما الجراثيــم القديمة تحتوي على 175 عيّنة مسماة، وربما هناك بضعة آلاف أخرى يمكن أن تُكتشف، «ولكن ليس أكثر مــن هذا». بالمقابــل، إن اليوكاريا أي المتعضيات المعقدة التي تحتوي على خلايا بنواة، مثلنا يصل عددها إلى ملايين الأنواع. ومن أجل «مبدأ التوازن»، يدعو ماير إلى مزج المتعضيــات البكتيريــة البسيطة في فئة واحــدة، هي بروكاريوتــا Prokaryota، بينما يجــب وضع الأكثر تعقيــداً «والمتطورة أكثر» في إمبراطوريــة اليوكاريوتا Eukaryota، التــي يجب أن تقف إلى جانبهــا كنِد. بتعبير آخر، يدعو إلى إبقــاء الأشياء كما كانت من قبل. فهذا التقسيم بين الخلايا البسيطة والخلايا المعقدة «حدث لحظة الانفجار العظيم في العالم الحي».

إذا كان ترتيــب ووس الجديــد يعلّمنا أي شيء فهو أن الحياة هي في الواقع متنوّعة وأن معظم ذلك التنــوع قليل، ووحيد الخلية، وغير مألوف. وإنه لدافع إنساني طبيعي أن نفكــر بالتطور كسلسلة طويلة من التحسينــات، بتقدم لا ينتهي أبداً نحو الضخامة والتعقيــد: باختصــار، نحونا. يجب أن نطري أنفسنــا. إن معظم التنوع الحقيقي كان محــدوداً. فنحــن الأشياء الضخمة مجــرد شِعّب؛ فرع جانبي مهــم. ومن التقسيمات الثلاثة والعشرين للحياة، هناك فقط ثلاثةٌ: النبات، والحيوان والفطريات، كبيرة بما يكفــي كي تراها العــين البشرية، وهي تشتمل حتى على أنواع مجهرية. وبحسب ووس، إذا جمعنــا الكتلــة الأحيائيــة للكوكب كل ما هــو حي بما فيه النبات، فــإن الميكروبات

ستشـكل 80% مـن كل ما هو موجود، وربما أكـثر. إن العالم ينتمي إلى ما هو متناهي الصغر وقد فعل هذا لوقت طويل جداً.

* * *

مـن المحتم أن تسألوا في نقطة مـا من حياتكم: لماذا تريـد الميكروبات أن تؤذينا دومـاً؟ مـا الذي يشبـع الميكروب في جعلنـا نُصاب بالحمـى أو بالقشعريـرة، أو بأن تشوهنـا الندوب، أو نموت؟ إن مضيفاً ميتاً –في النهاية– بالكاد سيقدم مضافة على المدى الطويل.

من الجدير بالذكر أن معظم المتعضيات الميكروبية حيادية أو مفيدة لرفاه البشر. إن أكـثر متعض على الأرضـ نشراً للعدوى هو بكتيريا تدعـى الولباشيا Wolbachia وهي لا تؤذي البشر مطلقاً أو أي حيوان من الفقاريات، ولكن إذا كنت قريدساً أو دودة أو ذبابة فاكهة فإنها تستطيع أن تجعلك تتمنى لو أنك لم تولد. إن ميكروباً واحداً من بين ألف هو ممرض للبشر، بحسب مجلة ناشيونال جيوغرافيك، وإذا عرفنا ما يمكن أن يفعلـه بعضها، يمكـن أن نسامح على التفكير في أن هـذا كافٍ. حتى لو كانت كلها حميـدة، فـإن الميكروبات هي القاتل رقم ثلاثة في العـالم الغربي، وكثير منها الذي لا يقتلنا يجعلنا نأسف على وجودها بشكل عميق.

إن جعل المضيف مريضاً له فوائد معيّنة للميكروب. فأعراض المرض تساعد غالباً علـى نشره. إن التقيؤ والعطس والإسهال هي أساليب ممتازة للخروج من مضيف إلى موقع للانتقال إلى آخر. والإستراتيجية الأكثر فاعلية هي تسجيل مساعدة طرف ثالث متنقـل. إن المتعضيات المعدية تحب البعوض؛ لأن لسعـة البعوضة تنقلها مباشرة إلى مجـرى الدم، حيث تستطيع الوصول مباشرة إلى العمل قبل أن تستطيع آليات الدفاع لـدى الضحيـة معرفة ما الذي أصابهـا. لهذا السبب إن كثيراً مـن أمراض الدرجة آ كالملاريـا والحمى الصفراوية وحمى الضّنك والتهاب الدماغ ومئة، أو ما يقارب ذلك مـن أقل الأمراض احتفـاء، لكن المفترسة تبدأ بلسعة بعوضـة. وإنه لحظ جيد لنا أن فيروسـ (HIV) (الإيدز) ليس بينهـا، على الأقل حتـى الآن. إن أي فيروس (HIV) تمتصـه البعوضـة في تنقلاتها ينحل عبر عملية الاستقـلاب في البعوضة. وحين يأتي اليوم الذي يحوّل فيه الفيروس طريقه خارج هذا، فإننا سنواجه مشكلة كبيرة.

من الخطأ على أي حال أن نفكر في المسألة بعناية شديدة من موقع المنطق؛ لأن المتعضيات المجهرية ليست كما هو واضح كيانات حسابية. فهي لا يهمها ما تفعله بك مثلما لا تأبه بها حين تقتل الملايين منها حين تستحم بالصابون أو برشة من مزيل التعرق. إن المرة الوحيدة التي تكون فيها السعادة مهمة لمرض هي حين يقتلك جيداً. إذا قتلتك الجرثومة قبل أن تنتقل، فإنها يمكن أن تموت هي أيضاً. يقول جاريد دياموند: «إن التاريخ يعج بالأمراض «التي سببت مرة أوبئة مرعبة ثم اختفت بشكل غامض كما جاءت». ذكر مرض التعرق الإنكليزي الذي كان عابراً بشكل رحيم، الذي استمر من 1485 إلى 1552 وقتل عشرات الآلاف قبل أن يستنفد نفسه. إن كثيراً من الفاعلية ليس شيئاً جيداً لأي متعض مُعْدٍ.

تنشأ كمية كبيرة من المرض ليس بسبب ما يفعله المتعضي بك وإنما بسبب ما يحاول جسمك أن يفعله للمتعضي. ففي محاولته لتخليص الجسم من الممرضات، يدمر الجهاز المناعي أحياناً الخلايا أو يؤذي أنسجة مهمة، وهكذا غالباً حين تكون مريضاً فإن ما تشعر به ليس المُمْرِضات وإنما استجاباتك المناعية الخاصة. على أي حال، إن المرض هو استجابة حسية للعدوى. يأوي المرضى إلى الفراش وهكذا فإن تهديدهم للجماعة يقل.

ولأن هناك كثيراً من الأمور في الخارج من المحتمل أن تلحق بك الأذى، فإن جسمك يحمل كثيراً من الأنواع المختلفة من كريات الدم البيضاء الدفاعية، نحو عشرة ملايين نوع منها، وكل منها مصمم لتحديد وتدمير نوع معين من الغزاة. وسيكون من غير الفاعل الاحتفاظ بعشرة ملايين من الجيوش الجاهزة، وهكذا فإن كل نوع من كريات الدم البيضاء يحتفظ ببعض الكشافة لأداء واجبهم.

حين يغزو وسيط معدٍ يدعى بـ «مولِّد المضاد» تحدد الكشافة ذات الصلة المهاجم وتستدعي تعزيزات من النمط الصحيح. وبينما يصنّع جسمكم هذه القوى، من المحتمل أن تشعروا بالبؤس. وتبدأ الصحة بالعودة حين تبدأ القوات بالعمل.

لا تعرف الكريات البيض الرحمة وستصطاد وتقتل أي عامل ممرض تستطيع العثور عليه. لكن المهاجمين طوّروا إستراتيجيتين جوهريتين لتجنب الانقراض. إما

أن يضربـوا بسرعة وينتقلـوا إلى مضيف ثانٍ، كما في الأمراضـ المعدية كالأنفلونزا، وإمـا أن يتنكّروا بحيث تفشل الكريات البيض في تحديدهم، كما هو الأمر مع فيروس (HIV)، المسـؤول عن نشـر الإيدز، الذي يستطيع أن يجلسـ دون أن يؤذي أو يُرى في نواة الخلايا لسنوات قبل أن يخرج إلى العمل.

إن أحـد أكثر المظاهر غرابة للعدوى هـو أن الميكروبات التي لا تؤذي مطلقاً تدخل أحيانـاً في الأجزاء الخاطئة من الجسـم «وتصبح مجنونة نوعاً ما»، كما عبّر الطبيب برايـان مارشـ، وهـو متخصّص في الأمراضـ المعديـة في المركز الطبـي دارتماوث هتشكوك في لبانون، نيو مهمبشير. «هذا يحدث طول الوقت في حوادث السيارات حين يعـاني الناس من إصابـات داخلية. إن الميكروبات التي هي عـادة حميدة في الأحشاء تدخل في أجزاء أخرى من الجسم مجرى الدم، مثلاً وتسبب خراباً مروعاً».

إن الاضطـراب البكتيري الأكـثر إخافة وفلتاناً من السيطـرة الآن هو مرض يُدعى necrotizing fasciitis الذي تأكل الجراثيم فيه الكائن من الداخل نحو الخارج، ملتهمة النسيج الداخلي تاركة خلفها فضالة لبيّة مزعجة. وغالباً ما يأتي المرضى بسبب شكاوى خفيفة كحساسية جلدية وحمى ولكن صحتهم تتدهور بنحو مروع، حين يُفحصون يتبيّن أنهم قد استُهلكوا. إن العلاج الوحيد يعرف باسم «الجراحة الاستئصالية الجذرية»،أي بترُ كل المنطقة المصابة. يموت 70% من الضحايا؛ ويبقى كثيرون مشوهين بشكل مروع. إن مصـدر العـدوى هو عائلة دنيويـة من الجراثيم تدعى المجموعـة 1 العقديّة، التي لا تفعـل أي شـيء عادة سوى أنها تسبب مرضاً في الحنجـرة. وفي أحيان كثيرة، ولأسباب مجهولـة، تنتقل هذه الجراثيم من بطانة الحنجـرة إلى الجسم محدثة الدمار الأكبر. وهي مقاومة بشكل كامل للمضادات الحيوية. تحدث نحو ألف إصابة سنوياً في الولايات المتحدة ولا أحد يستطيع القول: إن الأمر لن يسوء أكثر.

يحدث الأمر نفسه في التهاب السحايا. إن 10% من الشبان البالغين، وربما 30% مـن المراهقين، يحملون جرثومة التهاب السحايا القاتلـة، ولكنها تحيا دون أن تسبب أذى في الحنجـرة. وفي بعضـ الأحيان لدى شاب من بين كل مئة ألف تدخل في مجرى الدم وتجعل المصاب مريضاً جداً. وفي أسوأ الحالات، يمكن أن تحدث الوفاة خلال 12

ساعة. وهذا سريع وصاعق. قال مارش معبراً عن الأمر: «يمكن أن تشاهدوا شخصاً في صحة تامة في أثناء تناول الإفطار، وميتاً في المساء».

لو لم نكن مهملين لسلاحنا ضد البكتيريا أي المضادات الحيوية لقضينا عليها. ومن اللافت –وفق أحد التقديرات– أن 70% من المضادات الحيوية المستخدمة في العالم النامي تُمنح لحيوانات المزرعة، وتُستخدم في بعض الأحيان بشكل روتيني لتغذية الماشية، لتعزيز نموّها أو لحمايتها من العدوى. إن استخدامات كهذه تمنح البكتيريا الفرص جميعها كي تطور مقاومة ضدها. وهي فرصة استغلتها الجراثيم بحماس.

كان البنسلين في 1952 فاعلاً جداً ضد سلالات من بكتيريا المكوّر العنقودي إلى درجة أنه في أوائل الستينيات شعر كبير الأطباء في أمريكة وليام ستيوارت بالثقة بما يكفي كي يصرح: «جاء الوقت لطي صفحة الأمراض المعدية. قضينا على الأمراض المعدية في الولايات المتحدة». وحين قال هذا كان 90% من هذه السلالات يطور المناعة ضد البنسلين. وفي الحال، بدأت إحدى هذه السلالات الجديدة، التي تدعى باسم المكورة العنقودية أوريوس المقاومة للميثيسلين methicillin-resistant staphylococcus aureus تظهر في المستشفيات. كان هناك نوع واحد من المضادات الحيوية يدعى الفانومايسين ظل فاعلاً ضدها، ولكن في 1997 أُبلغ في مستشفى في طوكيو عن ظهور سلالة تستطيع مقاومة حتى هذا المضاد الحيوي. وفي شهور انتشرت في ست مستشفيات يابانية أخرى. وفي كل مكان، بدأت الميكروبات تربح الحرب من جديد: ففي المستشفيات الأميركية وحدها يموت 14 ألف شخص سنوياً من عدوى يلتقطونها هناك. وكما قال جيمس سوروويكي في مقال نشر في النيويوركر: حين يكون هناك خيار بين تطوير المضادات الحيوية التي يتناولها الناس كل يوم مدة أسبوعين ومضادات الكآبة التي يتناولها الناس كل يوم إلى الأبد، ليس من المفاجئ أن تختار شركات العقاقير الأخيرة. وبالرغم من أنه تم تقوية بعض المضادات الحيوية قليلاً، فإنه لم تقدم لنا الصناعة الدوائية مضاداً حيوياً جديداً منذ السبعينيات.

إن إهمالنا مرعب، كما يظهر اكتشاف أن كثيراً من الأمراض الأخرى يمكن أن تكون بكتيرية الأصل. بدأت عملية الكشف في عام 1983 حين اكتشف باري مارشال

وهـو طبيب في بيرث، غرب أسترالية، أن كثيراً من سرطانات المعدة ومعظم قرحاتها سببها بكتيريـا تدعى هيليكوباكتر بايلـوري Helicobacter Pylori. وبالرغم من أن اكتشافـه اختـبر بسهولة، كانت النظريـة جذرية بحيث إنّه مر أكـثر من عقد قبل أن تُقبـل لدى الجميـع. إن مؤسسة الصحـة القومية الأميركية، مثـلاً لم تناصر الفكرة رسميـاً حتى عـام 1994. وقال مارشال لصحفي من فوربيسـ في عام 1999: «يموت مئات بل آلاف الناس من قرحات يجب ألا يموتوا منها».

منذ ذلك الوقت، أظهر المزيد من البحث أنه يوجد أو يمكن أن يوجد مركّب بكتيري في كل أنـواع الأمراض الأخـرى كأمراض القلـب والربو والتهاب المفاصـل والتصلّب المضاعـف* وأنمـاط متعددة مـن الاضطرابـات الذهنيـة، وكثير مـن السرطانات، بالإضافة إلى السمنة كما قالت مجلة ساينس. ولن يطول الوقت حتى نصبح في أمس الحاجة إلى مضاد حيوي فاعل وليس لدينا واحد نعتمد عليه.

يمكـن أن تريحنـا قليلاً معرفـة أن البكتيريا نفسهـا تمرض. فهي تصـاب أحياناً بالجراثيـم المدمـرة، وهي نوع من الفيروسات. إن الفيروسـ كيان غريب غير محبب، فهـو «قطعة مـن الحمض النووي محاطة بأخبـار سيئة» كما عبر بشـكل لا يُنسى بيتر ميداور الحاصل على جائزة نوبل. إن الفيروسات التي هي أصغر وأبسط من البكتيريا ليسـت حيـة في ذاتها. فحـين تعزل تكون مهمـدة ولا تؤذي. ولكن أدخلهـا إلى مضيف ملائـم وستضجّ بالحياة. هنـاك نحو خمسة آلاف نوع مـن الفيروسات المعروفة، وهي تصيبنا بمئات الأمراض، التي تتسلسل من الأنفلونزة والرشح العادي إلى تلك التي هي أكثر أذى لسعادة الإنسان: الجدري، الكَلَب، الحمى الصفراء، إيبولا، الشلل والإيدز.

تزدهـر الفيروسات عـن طريق اختطاف المادة الجينية لخليـة حية، واستخدامها لإنتاج المزيد من الفيروسات. إنها تتكاثر بطريقة عدوانيّة ثم تندفع إلى الخارج؛ بحثاً عـن مزيد من الخلايا كي تغزوهـا. وبما أنها ليست متعضيات حية، فإنها تستطيع أن تبقـى بسيطة جـداً. إن كثيراً منها – بما فيه (HIV) – يمتلـك عشرة جينات أو أقل،

* حالة مرضية تصيب الجهاز العصبي المركزي، محدثة تصلباً في أنسجة الدماغ، أو في أنسجة الحبل الشوكي أو في أنسجتهما كليهما. المترجم.

بينما أبسط بكتيريا تتطلب آلافاً عدة. وهي صغيرة جداً أيضاً، بحيث لا يمكن أن ترى بمجهر تقليدي. ولم يستطع العلم أن يراها لأول مرة حتى عام 1943 بعد اختراع مجهر الإلكترون. ولكنها تستطيع أن تسبب ضرراً كبيراً. لقد قتل الجدري في القرن العشرين وحده ما يقدر بثلاث مئة مليون شخص.

تمتلك الفيروسات أيضاً قدرة مثيرة للأعصاب على مهاجمة العالم بشكل جديد مباغت، ثم الاختفاء بسرعة كما جاءت. ففي 1916، أصيب الناس في أوروبة وأمريكة بمرض غريب يسبب النعاس، أصبح معروفاً باسم السبات الالتهابي الدماغي encephalitis lethargica. كان الضحايا يذهبون إلى النوم ولا يستيقظون. كان يمكن إيقاظهم بصعوبة كبيرة لتناول الطعام أو الذهاب إلى المرحاض، ويجيبون على الأسئلة بوعي يعرفون من هم وأين كانوا بالرغم من أن تصرفهم فاتر دوماً. عن أي حال، في اللحظة التي يسمح لهم فيها بالراحة، يدخلون على الفور في أعمق سبات ويبقون في هذه الحالة طالما هم متروكون فيها. تتواصل هذه الحالة لدى بعضهم شهوراً قبل الموت.إن قلة محدودة بقيت على قيد الحياة واستعادت وعيها ولكنها فقدت حيويتها السابقة. وجِدوا في حالة من الفتور الشديد، «كبراكين مطفأة» كما قال أحد الأطباء. وفي عشر سنوات قتل المرض خمسة ملايين شخص ثم تلاشى بهدوء. لم يحظَ بانتباه طويل مستمر؛ لأنه في غضون ذلك انتشر في أنحاء العالم وباء أشد فتكاً وهو الأسوأ في التاريخ. دعي أحياناً إنفلونزة الخنزير الكبير وأحياناً وباء الأنفلونزة الإسباني الكبير ولكنه كان في كلتا الحالتين وحشياً. قتلت الحرب العالمية الأولى 21 مليون شخص في أربع سنوات؛ إلا أن أنفلونزة الخنزير فعلت الأمر نفسه في الأشهر الأربعة الأولى من انتشارها. إن 80% من الضحايا الأميركيين في الحرب العالمية الأولى لم يسقطوا بنار الأعداء وإنما من الأنفلونزة. وكانت نسبة الوفيات في بعض الوحدات 80%.

نشأت أنفلونزة الخنزير كأنفلونزة عادية غير مهلكة في ربيع 1918، ولكن نوعاً ما، في الأشهر اللاحقة لا أحد يعرف لماذا وكيف وأين تحولت إلى شيء أكثر حدّة. لم يعانِ إلا خُمس الضحايا من أعراض خفيفة، ولكن الآخرين مرضوا بشكل خطر ومات كثيرون. استسلم بعضهم في ساعات؛ وصمد آخرون بضعة أيام.

سجلت الوفيات الأولى في الولايات المتحدة بين البحارة في بوسطن في أواخر آب 1918، ولكن الوباء انتشر بسرعة في أنحاء البلاد كلها. أُغلقت المدارس، وأُغلقت أماكن التسلية العامة، وارتدى الناس الأقنعة في كل مكان. لكن هذا لم يفعل سوى القليل. فبين خريف 1918 وربيع العام الثاني مات في أمريكة من الأنفلونزة 548,452. أما عدد الوفيات في بريطانية فقد وصل إلى 220,000 وبأعداد مشابهة في فرنسة وألمانية. لا أحد يعرف عدد الوفيات في العالم كله - بما أن السجلات في العالم الثالث فقيرة في غالب الأحيان - ولكنه لم يكن أقل من عشرين مليوناً وربما خمسين مليوناً. وقالت بعض التقديرات: إن العدد العالمي الكلي هو مئة مليون.

وفي محاولة لاختراع لقاح أجرت السلطات الطبية تجارب على متطوعين في سجن عسكري في جزيرة دير في بوسطن هاربر. وُعد السجناء بإطلاق سراحهم إذا بقوا على قيد الحياة. كانت الاختبارات صارمة جداً. أولاً، كان الخاضعون للاختبار يُحقنون بنسيج رئوي مصاب يؤخذ من الموتى، ثم يرشون على أعينهم وأنفوهم وأفواههم بذيرات معدية. إذا لم تنتقل العدوى إليهم كانت حناجرهم تملأ بعينات مأخوذة مباشرة من المرضى والموتى. إذا خاب كل شيء يطلب منهم أن يجلسوا فاغري الأفواه، بينما كان يجلس مريض ويسعل في وجوههم.

اختار الأطباء للاختبارات 62 من بين 300 متطوع، وكان من المفاجئ أنه لم يصب أحد منهم بالأنفلونزة. كان الشخص الوحيد الذي مرض هو طبيب الجناح، الذي مات بسرعة. إن الشرح المرجح لهذا هو أن الوباء مر عبر السجن قبل بضعة أسابيع، وطوّر كل من نجا من تلك الزيارة من المتطوعين مناعة طبيعية.

لا يزال الكثير عن وباء الأنفلونزة في عام 1918 مفهوماً بشكل سيئ أو غير مفهوم مطلقاً. وكان أحد الألغاز هو كيف انتشر فجأة في أمكنة تفصل بينها محيطات وسلاسل جبلية وعوائق أرضية أخرى. وبما أن الفيروس لا يستطيع أن يعيش أكثر من بضع ساعات خارج جسد المضيف، فكيف استطاع إذاً الظهور في مدريد وبومباي وفيلادلفيا في الأسبوع نفسه؟

إن الإجابة المرجحة هي أنه احتُضن وانتشر عن طريق أشخاص كانت لديهم أعراض خفيفة أو لم يكن لديهم على الإطلاق. وكان احتكاكهم مع البشر السبب الأكبر للمرض.

يشرح هذا الانتشار الواسع في عام 1918، ولكنه لا يشرح كيف استطاع الوباء الكمون لعدة أشهر قبل أن يندفع انفجارياً في الوقت نفسه تقريباً وفي الأمكنة جميعها. وكان الأمر الأكثر غموضاً هو أنه كان أكثر تدميراً للناس في أوج الحياة. إن الإنفلونزة هي عادة أقسى على الأطفال والعجائز، ولكن في 1918 كانت الوفيات أكثر انتشاراً بين أشخاص في العشرينيات والثلاثينيات. من المحتمل أن الكبار استفادوا من المقاومة التي اكتسبوها من تعرضهم المبكر للسلالة نفسها، ولكن لماذا استهدف الوباء الشبان بشكل مفاجئ ومجهول؟ إن اللغز الأكبر هو لماذا كانت أنفلونزة عام 1918 مهلكة بشكل وحشي فيما أن معظم أنواع الأنفلونزة غير مهلكة. لا نزال نجهل ذلك.

تعود سلالات معينة من الفيروسات بين وقت وآخر. إن فيروساً روسياً مكروهاً يعرف باسم H1N1 انتشر في مناطق واسعة في 1933، ثم انتشر مرة ثانية في الخمسينيات، ومرة أخرى في السبعينيات. لا يعرف أحد أين اختفى آنذاك أو في كل مرة. ثمة رأي يقول: إن الفيروسات تختبئ في مجموعات الحيوانات البرية قبل أن تجرب الانتقال إلى جيل جديد من البشر. لا أحد يستطيع استبعاد احتمال انتشار أنفلونزة الخنزير الكبير مرة ثانية.

وإذا لم تنتشر هذه الفيروسات، فإن فيروسات أخرى يمكن أن تفعل ذلك. ذلك أن فيروسات جديدة ومخيفة تظهر طوال الوقت. الإيبولا، وحمى لاسا وماربورغ، كلها تنتعش وتموت مرة ثانية، ولكن لا أحد يستطيع أن يقول: إنها لا تقوم بتحوّل هادئ في مكان ما، أو تنتظر الفرصة المواتية كي تنتشر بطريقة كارثية. من الواضح الآن أن الإيدز كان بيننا أطول مما اشتبه أي شخص. فقد اكتشف الباحثون في مشفى مانشستر رويال أن بحاراً توفي من علل غامضة غير قابلة للعلاج في 1959 كان مصاباً في الواقع بالإيدز. مع ذلك –ولأيٍّ من الأسباب– بقي المرض مهمداً مدة عشرين سنة أخرى.

كانـت المعجزة هي أن أمراضاً أخرى كهـذه لم تتفشّ. فحمّى لاسا التي لم تكتشف لأول مـرة حتى عام 1969، في غرب إفريقية، معديـة جداً ومفهومة قليلاً. وفي 1969 كان هناك طبيب في مختبر في جامعة ييل في نيو هيفن، كونيكتيكت، يدرس حمى لاسا وأصيـب بهـا. نجا منها، ولكن الأمر الذي سبب ذعراً أكبر، هو أن تقنياً في مختبر في الجوار، بعيد عن مجال العدوى المباشر، أصيب بالمرض أيضاً ومات.

ومـن حسن الحـظ أن الانتشار توقف هنـا، ولكن لا نستطيع الاعتمـاد على كوننا محظوظـين دوماً. إن أنماط حياتنا تدعو الأوبئـة. فالسفر جواً يجعل من الممكن نشر وكلاء مسببـين للمرض عبر الكوكب بسهولة مذهلـة. إن فيروس إيبولا يمكن أن يبدأ اليوم في بينين وينتهي في نيويورك أو هامبورغ أو نيروبي أو في المدن الثلاث. هذا يعني أن السلطـات الطبية تحتاج باستمـرار إلى التعرف على كل مرض يوجد في أي مكان، ولكنها بالطبع لا تفعل ذلك. ففي 1990 أصيب نيجيري يعيش في شيكاغو بحمى لاسا لـدى زيـارة إلى وطنه، ولكـن الأعراض لم تظهـر إلى أن عاد إلى الولايـات المتحدة. تـوفي في مستشفى شيكاغـو دون تشخيص، ودون أن يتخـذ أي شخص أي احتياطات في معالجته، دون أن يدرك الأطباء أنه مصاب بأحد أكثر الأمراض تفشياً وفتكاً على الكوكـب. ولحسن الحظ لم يصـب أي شخص آخر. ربما لا نكون محظوظين هكذا في المرة الآتية.

وبعـد هـذا التنبيـه المفيد، حان الوقـت كي نعود إلى عـالم الذين يعيشـون بشكل مرئي.



الفصل الواحد والعشرون

الحياة تستمر

ليس من السهل أن تصبح أحفوراً. إن مصير جميع المتعضيات الحية تقريباً أكثر من 99.9% منها هو العدم. حين تنطفئ شراراتك، فإن كل جزيء تمتلكه سيُلتهم أو يصوّل؛ كي يُستخدم في نظام آخر. هذا ما يحدث فحسب. ولو وصلت إلى البركة الصغيرة للمتعضيات، التي لا تُلتهم والتي هي أقل من 0.1، فإن فرص تحوّلك إلى مستحاث قليلة جداً.

من أجل أن تُصبح أحفوراً، يجب أن تحصل عدة أشياء. أولاً، يجب أن تموت في المكان المناسب. إن نحو 15% من الصخور فحسب تستطيع حفظ الأحافير، وهكذا ليس من الجيد أن نفقد الوعي في موقع مستقبلي من الغرانيت. يجب أن يُدفن الميت عملياً في رسابة، حيث يمكن أن يترك أثراً، كورقة في الطين، أو أن يتحلل دون التعرض للأوكسجين، سامحاً بأن يحل مكان جزيئات عظامه (وأحياناً جداً الأشياء الناعمة) معادن منحلة، خالقاً نسخة متحجّرة من الأصل. ثم، وبما أن الرسابة التي يكمن فيها الأحفور مضغوطة بإهمال ومطوية ومدفوعة من قبل عمليات الأرض، فإن الأحفور يجب أن يحافظ على شكل قابل للتحديد نوعاً ما. أخيراً -ولكن قبل كل شيء- بعد عشرات الملايين أو ربما مئات الملايين من السنين من الاختباء يجب أن يعثر عليه ويتم التعرف عليه كشيء يستحق الحفظ.

يُعتقد أن عظماً واحداً فحسب من بين بليون يصبح أحفوراً. وإذا كان الأمر هكذا، فهذا يعني أن التراث الأحفوري للأميركيين الأحياء جميعاً اليوم 270 مليون شخص، وكل منهم له 206 عظام سيكون فقط نحو خمسين عظماً، أي ربع هيكل عظمي كامل. لا يعني هذا القول: إن أياً من هذه العظام يمكن العثور عليه فعلاً. إذا وضعنا في أذهاننا أنها يمكن أن تُدفن في أي مكان داخل منطقة مساحتها أكبر بقليل من 9.3 ملايين متر مربّع، فإن قليلاً منها سيكتشف، والأقل سيفحص، وسيكون الأمر

معجـزة إذا حصل هـذا. إن الأحافير نادرة ومتلاشية بكل ما في الكلمة من معنى. إن معظـم ما عاش على الأرضـ لم يترك خلفه سجلاً على الإطلاق. وهذه نسبة متناهية الصغر بنحو مذهل. على أي حال، إذا قبلتم التقدير الشائع بأن الأرض أنتجت ثلاثين بليـون نوع من المخلوقات في زمنها، ومقولـة رتشارد ليكي وروجر لوين (في الانقراض السادسـ): إن هناك 250,000 نوع من الكائنات في سجل الأحافير، فإن هذا يخفض النسبة إلى واحد فقط في كل 120,000. على أي حال، إن ما نملكه هو العينة الأقل من كل الحياة التي احتضنتها الأرض.

فضلاً عن ذلك، إن السجل الذي لدينا محرّف. فمعظم الحيوانات البرية لا تموت في مـواد رسابيـة. تُدفن أو تـؤكل أو تترك كي تتعفّـن أو تتلاشى. ومن ثـمّ، فإن سجل الأحافـير منحاز بشكل سخيف إلى مخلوقات البحر. إن نحو 95% من جميع الأحافير التي نملكها هي لحيوانات عاشت مرة تحت الماء، ومعظمها في بحار قليلة العمق.

أذكـر كل هذا؛ كي أشرح لماذا في يوم رمـادي في شباط ذهبت إلى متحف التاريخ الطبيعـي في لنـدن، كي أقابل عالم إحاثـة مبتهجاً، متغضّناً بشـكل يوحي بالغموض، ومحبوباً جداً يدعى رتشارد فورتي.

يعـرف فورتـي أموراً كثـيرة جداً وكريهـة. إنه مؤلف كتـاب ساخر ورائـع عنوانه الحيـاة: سـيرة غير مرخّصة، يغطـي كل مهرجان الخلق الحي. ولكـن حبه الأول هو نـوع من الكائنات البحرية يدعى المفصليات (ثلاثـي الفصوص)، التي تزاوجت مرةً في بحـار العصر الأردفيشي، ولكنها لم تعش مدة طويلة سوى في شكل أحافير. يتألف جسم المفصليات من ثلاثة أجزاء أو فصوص: الرأس، والذيل والصدر، ومن هنا أتى الاسم. عثر فورتي على أولها حين كان فتى يتسلق فوق الصخور في خليج سينت ديفد في ويلز. كان متشبثاً بالحياة.

أخـذني إلى صالـة من الخزن المعدنية الطويلة. كان كل منهـا مليئاً بالأدراج قليلة العمق، وكان كل درج مليئاً بالمفصليات المتحجّرة: كان عددها عشرين ألف عينة.

قـال: «إنـه يبدو عـدداً كبيراً ولكـن عليك أن تتذكـر أن ملايين فـوق ملايين من المفصليـات عاشـت ملايين فوق ملايين مـن الأعوام في البحار القديمـة، وهكذا فإن

عشريـن ألفاً ليس رقماً كبـيراً. إن معظمها عيّنات جزئية فقط. إن العثور على أحفور مفصلي كامل سيشكل حدثاً كبيراً لعالم إحاثة».

ظهـرت المفصليـات ثلاثيـة الفصوص في البدايـة بشكل كامل، علـى ما يبدو من لامكان منذ نحو 450 مليون سنة، قرب بداية الانبعاث الكبير للحياة المعقدة المعروفة بشكل واسع باسم الانفجار الكمبري، ثم تلاشت، مع كمية كبيرة أخرى، في الانقراض البرمـي في العصـر السابع والأخير من الدهر القديم الكبـير والذي ما يزال غامضاً بعد ثلاثة ملايين قرن. وكما هو الأمر بالنسبة للكائنات المنقرضة، ثمة إغراء طبيعي لاعتبارها كائنات خائبة، ولكنها كانت في الواقع من بين أكثر الحيوانات الأكثر نجاحاً التي سبق وعاشت. سادت 300 مليون سنة، أكثر من مدة الديناصورات بمرتين، التي كانـت بين حيوانات التاريخ العظيمة التي نجت. ويشير فورتي إلى أن بقاء البشر على قيد الحياة حتى الآن لا يعادل إلا نصف 1% من مدة بقاء تلك الحيوانات.

انتشـرت المفصليات بشكل واسع بسبب امتلاكها لكثير مـن الوقت. بقي معظمها صغـيراً، بحجم الخنافس الحديثة، ولكن بعضها صـار بحجم أسطوانة فونوغرافية. وشكلت خمسة آلاف جنس وستين ألف نوع على الأقل، بالرغم من أن المزيد ظهر طول الوقـت. كان فورتـي أخيراً في مؤتمر في جنوب أمريكة وقـد اقتربت منه أكاديمية من جامعـة إقليمية صغيرة في الأرجنتـين. «كان لديها علبة ملأى بالأشياء المثيرة، وبينها المفصليات التي لم ترَ أبداً من قبل في أمريكة الجنوبية، أو في أي مكان، وأشياء أخرى كثيرة أيضاً. لم تملك تسهيلات بحث كي تدرسها ولا تمويلاً كي تبحث عن المزيد. إن أجزاء ضخمة من العالم لم تُستقصَ بعد».

«هل تعني المفصليات؟».

«كلا، أعني كل شيء».

كانت المفصليـات، في أثناء القرن التاسع عشر، الأشكال الوحيدة المعروفة للحياة المبكـرة المعقدة، ولهذا السبب جمعت ودُرست بمواظبة. كان اللغز الكبير الذي يحيط بهـا هو ظهورها المفاجئ. حتى الآن، كما يقول فورتي، يمكن أن يكون مدهشاً الذهاب

إلى تشكيلات الصخور الصحيحة، وأن تشق طريقك إلى الأعلى عبر الدهور، دون أن ترى حياة مرئية مطلقاً، ثم فجأة تعثر على بروفالوتاسبيس Profallotaspis كاملة أو علـى إلينيلوس Elenellus كبير كسرطـان. كان هناك مخلوقات بأعضاء، وخياشيم، وأجهزة عصبيـة، وهوائيات سابرة، تُعد «دماغاً من نوع ما»، كما قال فورتي، وأغرب مـا رأتـه الأعين. إنها مصنوعة مـن عصيّات من كربونات الكالسيـوم المتبلّرة؛ المادة نفسهـا التي تصنع حجر الكلس، وشكلت أجهـزة الإبصار الأولى المعروفة. فضلاً عن ذلك، إن المفصليات الأولى لم تتألف من نوع واحد مغامر فحسب وإنما من العشرات، ولم تظهـر في موقـع واحد أو اثنين وإنما في كل مكان. إن كثيراً من الناس المفكرين في القرن التاسع عشر نظروا إلى هذا كبرهان على عمل الله ودحض لمثُل دارون النشوئية. إذا التطـور تم ببطء، كمـا سألوا، إذاً كيف يفسّر دارون هذا الظهور المفاجئ لكائنات معقدة مكتملة الشكل؟ وفي الحقيقة، عجز عن ذلك.

وهكـذا بـدا كأنه من المقدر أن تبقى الأمـور إلى الأبد حتى أحد الأيام في 1909، قبـل الذكرى الخمسين لنشر كتاب دارون أصـل الأنواع بثلاثة أشهر، حين قام عالم إحاثـة يدعـى تشارلـز دوليتل والكـوت باكتشاف فائـق للعادة في الروكيـز الكندية Canadian Rockies.

ولـد والكوت عام 1850 وترعرع قرب أوتيكا، نيويـورك، لأسرة فقيرة مادياً، التي صـارت أكثر فقراً بعد موت والده المفاجئ حـين كان تشارلز رضيعاً. حين كان طفلاً، اكتشـف والكوت أنه كان لديه ميل للعثور على الأحافير، وخصوصاً المفصليات، فجمع مجموعـة متميّـزة اشتراهـا لويس أجاسيز لمتحفـه في هارفارد بـثروة صغيرة تعادل 45,000 باوند بنقود اليوم. وبالرغم من أنه لم يكمل تعليمه الثانوي واعتمد على نفسه في تعلّم العلوم، صار والكوت مرجعاً أساسياً في المفصليات وكان أول شخص قال: إنها مفصليّة، وهي المجموعة التي تشتمل على الحشرات والقشريّات الحديثة.

في عـام 1879 تـولى والكـوت عمـلاً في بحث ميـداني في هيئة المسـح الجيولوجي الأميركية المشكلة حديثاً، وعمل بشكل متميّز جعله بعد 15 عاماً يُرقّى كي يصبح رئيساً لهيئـة المسـح. وفي 1907 عُـيّن أميناً لمؤسسـة سميثونيان، حيث بقي حتـى وافته المنية

في عام 1927. وبالرغم من القيود الإدارية، واصل القيام بالعمل الميداني والكتابة بغزارة. «إن كتبه تملأ رف مكتبة»، كما قال فورتي. وليس مصادفة أنه كان أيضاً مدير لجنة المستشارين القوميين لرواد الفضاء، التي صارت في النهاية وكالة علم الطيران والفضاء (ناسا)، وهكذا يمكن أن يُعدّ بشكل صحيح جدَّ عصر الفضاء.

إن ما يُذكر من أجله الآن هو اكتشاف ذكي ومحظوظ في بريتش كولومبيا، عالياً فوق بلدة فيلد الصغيرة في أواخر صيف 1909. إن النسخة المعتادة من القصة هي أن والكوت وزوجته، كانا يركبان الأحصنة على طريق جبلي حين انزلق حصان زوجته بسبب أحجار غير ثابتة. وحين ترجّل كي يساعدها، اكتشف والكوت أن الحصان قلب لوحاً من رقائق الطين، التي تحتوي على أحافير قشريات من نوع قديم وغير عادي. كان الثلج يتساقط، ذلك أن الشتاء يأتي مبكراً في كنيديان روكيز وهكذا لم يتريّثا، ولكن في العام الثاني وفي أول فرصة عاد والكوت إلى البقعة. سلك طريق منحدر الصخور، وتسلق إلى ارتفاع 750 قدماً عن سطح البحر إلى قرب قمة الجبل. هناك، على ارتفاع 8000 قدم عن مستوى سطح البحر عثر على طبقة طَفل سطحي بارزة بطول حجر رَصِّف، تحتوي على عدد لا يحصى من الأحافير تعود إلى ما بعد اللحظة التي بدأت فيها الحياة المعقدة تنبعث في انتشار مدهش: الانفجار الكمبري الشهير. عثر والكوت -نتيجة لهذا- على الجزة الذهبية لعلم الإحاثة. سمّى الطبقة البارزة بطَفل برجيس Burgess Shale، على اسم الحافة التي عثر عليها فيها، وقدم «فسحتنا الوحيدة عن بداية الحياة الحديثة في كل كمالها»، كما قال ستيفن جي جولد في كتابه الشهير (الحياة الرائعة).

اكتشف جولد -المدقّق دوماً- من قراءة يوميات والكوت أن قصة اكتشاف طَفل برجيس تبدو على أنها نوعاً ما منمّقة، ذلك أن والكوت لا يذكر انزلاق الحصان ولا سقوط الثلج. ولكن الاكتشاف كان فائقاً للعادة دون شك.

من المستحيل بالنسبة لنا -نحن الذين يقتصر زمن وجودهم على الأرض على عقود عابرة كالنسيم ومحدودة- أن نفهم كم كان الانفجار الكمبري بعيداً زمنياً عنا. إذا كان بوسعكم أن تسافروا إلى الوراء نحو الماضي بسرعة عام في الثانية، فيستغرق

الأمر نصف ساعة كي تصلوا إلى زمن المسيح، وأكثر من ثلاثة أسابيع بقليل كي تعودوا إلى بدايات الحياة البشرية. ولكنكم ستستغرقون عشرين عاماً كي تصلوا إلى فجر الدهر الكمبري. كان -بتعبير آخر- وقتاً طويلاً جداً وكان العالم مكاناً مختلفاً جداً.

ينبغي أن نذكر أنه حين تشكل طَفل برجيس منذ 500 مليون سنة، أو أكثر لم يكن على قمة جبل وإنما في سفحه. كان بالتحديد في حوض محيط قليل العمق في قاع جرف شديد الانحدار. كانت البحار في ذلك الوقت تزخر بالحياة، ولكن الحيوانات لم تترك أي سجل؛ لأن أجسامها كانت ناعمة وتتآكل حين تنفق. على أي حال، انهار الجرف في برجس، ودفنت الكائنات التي في الأسفل في انزلاق طيني وضغطت كأزهار في كتاب، وهذا ما حفظ تفاصيل ملامحها بشكل رائع.

وفي رحلات صيفية سنوية من 1910 إلى 1925 (في ذلك الوقت صار عمره 75 عاماً) استخرج والكوت عشرات الآلاف من العيّنات (يقول جولد ثمانين ألفاً؛ ويقول فاحصو الحقائق الموثوقون في ناشنال جيوغرافيك: إن العدد ستون ألفاً)، أحضرها إلى واشنطن من أجل مزيد من الدراسة. كانت المجموعة لا تُضاهى في عددها الكبير وتنوّعها. كان لبعض أحافير برجس أصداف؛ أما كثير منها فلم يمتلك أصدافاً. كانت بعض الكائنات مبصرة، وبعضها الآخر لا يبصر. كان التنوع هائلاً، ويتألف من 140 نوعاً، بحسب رواية واحدة. «لقد اشتمل طَفل برجس شيل Burgess Shale على تسلسل في تغاير التصميمات التشريحية لم يكن له مثيل، ولا مثيل له اليوم بين كل مخلوقات المحيطات في العالم»، كما قال جولد.

ولسوء الحظ، أخفق والكوت في معرفة أهمية ما عثر عليه. «انتزع الهزيمة من فكي النصر»، كما قال جولد في كتاب آخر بعنوان (ثمانية خنانيص صغيرة)، «ثم تابع والكوت كي يسيء تفسير هذه الأحافير المهمة بأعمق طريقة ممكنة». وضعها في مجموعات حديثة، وجعلها أسلاف الديدان الحالية، وقناديل البحر وكائنات أخرى، وهكذا أخفق في فهم فرادتها. قال جولد متنهداً: «بحسب تأويل كهذا بدأت الحياة في بساطة بدائية وتحركت بعناد، نحو الأمام بقوة وبشكل أفضل».

تـوفي والكوت في 1927 ونسيت أحافير برجس. بقيت لنصف قرن تقريباً في أدراج المتحـف الأميركـي للتاريخ الطبيعي في واشنطـن، ونادراً ما رُجع إليهـا أو تم التحقق منهـا. ثم في عام 1973، قـام طالب متخرج في جامعة كمبريدج يدعى سيمون كونوي موريسـ بزيـارة إلى المجموعة. أذهله ما عثر عليه. كانت الأحافير أكثر تنوّعاً وأهمية ممـا أشار إليـه والكوت في كتاباته. إن الفئـة التي تصف البنيـة الجسدية الأساسية للمتعضيـات في علم التصنيف هي الشُّعبة*، وهنـا استنتج كونوي موريس وجود كثير من الأخطاء التشريحية كهذه، وكان من المفاجئ أنها كلها غير قابلة للتفسير ويجهلها الشخص الذي اكتشفها.

أمضى كونوي موريس الأعوام العديدة اللاحقة، مع المشرف عليه، هاري وتنغتون، والزميـل المتخـرج ديريك بريجـز، في مراجعة منهجيـة للمجموعة كلهـا، وبدأ يؤلف دراسـات مثـيرة متتالية فيما كانت الاكتشافات تتراكـم. كان لكثير من الكائنات بنى جسدية لم تكن تخالف أي شيء شوهد من قبل أو منذ ذلك الوقت فحسب، وإنما كانت مختلفـة بشكل غريب. كان لإحداها وتدعـى الأوبابنيا Opabinia خمس أعين وخطم يشبـه الفوّهـة. وهناك أخـرى على شكل قرصـ تدعى بيتوايـا Peytoia وتبدو بشكل كوميـدي مثـل قطعة أناناس دائرية. وهنـاك ثالثة لا بد أنها سـارت على صفوف من الأرجل التي تشبه الطُّوالة، وكانت غريبة بحيث سموها هالوسيجينيا Hallucigenia. كان هناك كثير من الجدة غير المعروفة في المجموعة، حتى إنه في نقطة واحدة لدى فتح درج جديد سُمع كونوي موريس يغمغم بصوت مرتفع: «اللعنة، ليس شُعبة أخرى».

أظهرت مراجعات الفريق الإنكليزي أن العصر الكمبري كان زمن ابتكار وتجريب لا مثيـل لـه في تصميمـات الجسـد. كانت الحيـاة تتهادى طـوال أربعـة ملايين عام تقريبـاً دون أي طموحـات قابلة للرصـد في اتجاه التعقيد، ثم فجـأة -في مدة خمسة أو عشـرة ملايين عام- ابتكرت التصميمات الجسديـة الملائمة جميعها التي لا تزال قيد الاستخدام الآن. إن أي مخلوق، من الدودة الخيطية إلى كاميرون دياز، يستخدم الهندسة المعمارية التي ابتكرت في الحفلة الكمبرية.

* الشعبة في علم الأحياء أو البيولوجيا مجموعة من النباتات أو الحيوانات تتميّز بخصائص مشتركة معيّنة، وتشكّل طبقة مستقلة في التصنيف المعتمد في علمي النبات والحيوان. والشعبة تعدّ أعلى طبقات هذا التصنيف، وتليها الطائفة class، فالرتبة order، فالفصيلة family، فالجنس genus، فالنوع species، فالضرب variety.

ما كان أكثر إدهاشاً هو أنه كان هناك كثير من التصميمات الجسدية التي أخفقت في صناعة التفصيلة ولم تترك أسلافاً. وبحسب جولد، على الأقل 15 أو ربما 20 من حيوانات برجس لا تنتمي إلى أي شعبة معروفة. (ازداد العدد بسرعة في بعض الروايات الشعبية إلى مئة، أكثر مما زعم علماء كمبرديج بكثير). وكتب جولد: «إن تاريخ الحياة هو قصة إزالة شاملة تبعتها عملية تفاضل داخل قلة من الناجين، وليس القصة التقليدية للتفوق المتزايد باستمرار، وللتعقيد، والتنوع». وبدا أن النجاح النشوئي كان (كاليانصيب).

كان أحد المخلوقات التي نجحت في البقاء يشبه الدودة ويدعى بكايا جراسيلنز Pikaia gracilens اكتشف أن له عموداً فقريّاً بدائيّاً، مما جعله السلف الأقدم المعروف للفقاريات اللاحقة جميعها، وبينها نحن. لم يكن البيكايا وافر الوجود بين أحافير برجيس، وهكذا لا أحد يعرف كم كان قريباً من الانقراض. ولا يترك جولد مجالاً للشك –في اقتباس مشهور– في أنه يرى نجاحنا السلالي كحظ: «أرجع شريط الحياة إلى الأيام الأولى لأحافير برجيس؛ شغّله مرة ثانية من نقطة بدء مماثلة، وتصبح الفرصة صغيرة بشكل متلاشٍ، بحيث إنّ أي شيء مثل الذكاء البشري سيشرّف إعادة التشغيل».

نُشر كتاب جولد (الحياة الرائعة) عام 1989 وتلقى تقريظاً نقدياً عاماً وحقق نجاحاً تجارياً كبيراً. ما لم يكن معروفاً عامةً هو أن كثيراً من العلماء لم يتفقوا مع جولد في استنتاجاته مطلقاً، وأن الأمر سيصبح دميماً في الحال. في سياق العصر الكمبري، «يتعلق الانفجار بالأمزجة الحديثة أكثر مما يتعلق بالحقائق الفسيولوجية القديمة».

نعرف الآن أن المتعضيات المعقدة وجدت على الأقل قبل مئة مليون سنة من العصر الكمبري. وكان يجب أن نعرف كثيراً حالاً. فبعد أربعين سنة تقريباً من اكتشاف والكوت في كندا، كان هناك على الجانب الآخر من الكوكب في أسترالية عالم جيولوجيا يدعى رجينلاد سبريج اكتشف شيئاً ما أقدم وأكثر لفتاً للنظر.

في 1946 كان هنــاك عالم جيولوجيــا يُدعى سبريج يعمل لدى حكومة ولاية ساوث أسترالية، أرسل للقيام بمسح لمناجم مهجورة في تلال إدياكاران من سلسلة الفلندرز، وهــي منطقــة معزولة وحارة جداً تبعــد 500 كيلومتر عن جبــال الأدليد. كان الهدف معرفــة إن كان هناك أي مناجم قديمة يمكن أن يعاد تشغيلها بشكل مربح باستخدام تقنيــات جديــدة، وهكذا فهو لم يكن يدرس صخور السطــح مطلقاً أو الأحافير. ولكن في أحــد الأيام، وفيما كان يتناول غداءه، قلب سبريج بكسل قطعة من الحجر الرملي وفوجــئ –إذا عبرنا بنعومة– حين رأى سطح الصخــور مغطى بأحافير حساسة، مثل الأثر الذي تحدثه الأوراق في الطين. كانت هذه الصخور أقدم من الانفجار الكمبري. كان ينظر إلى فجر الحياة المرئية.

قــدم سبريج بحثاً إلى مجلة نيتشر، ولكنه رُفضــ. قرأه بدلاً من ذلك في الاجتماع السنــوي الآتي لجمعية أسترالية ونيوزلندة لتقدم العلم، ولكنه أخفق في إثارة إعجاب رئيس الجمعية، الذي قال: إن آثار إدياكاران كانت مجرد «آثار غير متعضية تصادفية». لم تُسحق آماله بعد، فسافر إلى لندن وقدم مكتشفاته إلى المؤتمر الجيولوجي الدولي عــام 1948، ولكنــه أخفق في إثــارة الاهتمام أو التصديق. أخــيراً –وبحثاً عن مخرج أفضل– نشر مكتشفاته في محاضر الجمعية الملكية لساوث أسترالية. ثم ترك وظيفته الحكومية وعمل في التنقيب عن النفط.

بعــد تسع سنوات، في 1957، كان هنـاك طالب مدرسة يدعى روجر ماسون، وفيما كان يســير عبر غابة تشارنوود في الأراضي الوسطى الإنكليزية، عثر على صخرة فيها أحفــور غريب، مشابه للسمك المريّش ولبعض العيّنــات التي عثر عليها سبريج، وكان يحــاول أن يخــبر الجميع عنها. سلّمهــا الطالب إلى عالم إحاثــة في جامعة لايشستر، الــذي قال علــى الفور: إنها تعــود إلى ما قبــل العصر الكمبري. نشــرت صور الشاب ماســون في الجرائد وعومــل بوصفه بطلاً قبــل الأوان؛ ولا تزال تذكــره كتب عديدة. وسميت العيّنة على شرفه تشارنيا ماسوني Charnia masoni.

إن بعض عيّنات سبريج الأصلية التي من إدياكاران، والعينات الألف والخمس مئة الأخرى التي عُثر عليها في أنحاء سلسلة الفلندرز منذ ذلك الوقت، يمكن أن تُرى اليوم

في علب زجاجية في غرف الطابق العلوي لمتحف ساوث أسترالية في أدليد، ولكنها لا تجذب انتباهاً كبيراً. إن النماذج المرسومة بشكل رشيق خافت ولا تبدو جميلة للعين غير المدرّبة. إن معظمها صغير وعلى شكل قرص وأحياناً مخططة بما يشبه الأشرطة. وقد وصفها فورتي بأنها «غرابات ذات أجساد ناعمة».

لا يزال هناك قليل من الاتفاق حول ماذا كانت هذه الأمور أو كيف عاشت. ليس لها -كما قيل لنا- أفواه أو شرج تتناول أو تخرج المواد القابلة للهضم، وليس لها أعضاء داخلية كي تعالجها بها طوال الطريق. يقول فورتي: «كانت معظمها على الأرجح تستلقي في أثناء حياتها على سطح الرسابات الرملية، كأسماك مسطحة ناعمة، لا بنية لها وغير حية». وفي أوج حياتها، لم تكن أكثر تعقيداً من قنديل البحر. إن كائنات إدياكاران جميعاً كانت ثنائية الوريقات، وهذا يعني أنها كانت مبنية من طبقتين من النسيج. وباستثناء قنديل البحر، إن الحيوانات اليوم معظمها هي ثلاثية الطبقات.

يعتقد بعض الخبراء أنها لم تكن حيوانات مطلقاً، وإنما هي مثل النباتات أو الفطريات. إن الفروق بين النبات والحيوان ليست واضحة حتى الآن. فالإسفنج الحديث يمضي حياته مثبتاً على بقعة محددة وليس له عينان أو دماغ أو قلب خافق، ومع ذلك هو حيوان. يقول فورتي: «حين نعود إلى المدة السابقة للدهر الكمبري فإن الاختلافات بين النباتات والحيوانات كانت على الأرجح أقل وضوحاً. ليس هناك أي قاعدة تقول: إنه عليك أن تكون نبتة أو حيواناً بشكل واضح».

وليس هناك اتفاق بأن متعضيات إدياكاران تشكل بأي طريقة أسلافاً لأي شيء حي اليوم (عدا على الأرجح بعض قناديل البحر). ويعدها كثير من العلماء نوعاً من التجربة الخائبة، محاولة خاسرة لتحقيق التعقيد، ربما لأن متعضيات إدياكاران المهمدة التهمتها، أو تغلبت عليها حيوانات أكثر تعقيداً من العصر الكمبري.

قال فورتي: «لا يوجد اليوم شيء حي مشابه لها، ومن الصعب اعتبارها أي سلف لما تبع بعد ذلك».

كان الإحساس أنها لم تكن مهمة لتطور الحياة على الأرض. ويعتقد كثير من العلماء أنه حصلت إبادة جماعية في الحد الفاصل بين ما قبل الكمبري والكمبري،

وأن مخلوقات إدياكاران (ما عدا قنديل البحر غير المؤكد) أخفقت في الانتقال إلى الطور الثاني. إن العمل الحقيقي للحياة المعقّدة، بتعبير آخر، بدأ مع الانفجار الكمبري. هكذا نظر جولد إلى الأمر، على أي حال.

بالنسبة لتنقيحات أحافير برجيس شيل، بدأ الناس في الحال يشككون في التفسيرات، وخاصةً تفسير جولد للتفسيرات. «كان هناك من البداية عدد من العلماء الذين شككوا بالتفسير الذي قدّمه ستيف جولد، بالرغم من إعجابهم الكبير بطريقة التعبير عنه»، كما قال فورتي في كتابه (حياة). هذا إذا عبرنا عن الأمر بلطف.

«أتمنى لو استطاع ستيفن جولد أن يفكر بوضوح كما يكتب!» قال الأكاديمي في أكسفورد رتشارد دوكينز في السطر الافتتاحي لمراجعة (السنداي تلغراف) لكتاب (الحياة الرائعة). أقر دوكينز أن الكتاب «لا يُترك» وأنه «يعكس عبقرية أدبية»، لكنه اتهم جولد بالانخراط في سوء تأويل «طنان وشبه مخادع» للحقائق عبر الإيحاء بأن تنقيحات برجيس أذهلت جماعة علم الإحاثة. «إن وجهة النظر التي يهاجمها بأن التطور يتقدم بعناد نحو قمة هي الإنسان لم تُصدق لخمسين عاماً»، قال دوكينز غاضباً.

كانت هذه دقة غير متوافرة في معظم الذين كتبوا عن الكتاب. واقترح أحد كتّاب نيويورك تايمز بوك ريفيو بابتهاج أنه نتيجة لكتاب جولد «بدأ العلماء يتخلصون من بعض المفاهيم السابقة التي لم يفحصوها لأجيال. إنهم يقبلون بتردد أو بحماس فكرة أن البشر هم حدث ناجم عن الطبيعة بقدر ما هم نتاج تطور منظم».

ولكن النقد الحقيقي الذي تم توجيهه إلى جولد نشأ من الاعتقاد بأن كثيراً من استنتاجاته كانت خاطئة أو مضخّمة بإهمال. وفي مقال نُشر في مجلة إفوليوشن هاجم دوكينز تأكيدات جولد بأن «التطور في العصر الكمبري كان مدة «تجريب»، مدة «تجربة وخطأ» تطوريين، «بدايات مزيفة» تطورية... كان الوقت الخصب الذي ابتُكرتّ فيه «الخطط الجسدية الجوهرية» الكبيرة جميعها. ففي العصر الكمبري نشأت شعب وأصناف جديدة. واليوم نحصل على نوع جديد فقط!».

قال دوكينز مشيراً إلى فكرة أنه لا يوجد خطط جسدية جديدة اعتُنقت على نطاق واسع: «بدا وكأن الأمر كما لو أن الحدائقي نظر إلى شجرة بلّوط وقال متسائلاً: «أليس

غريباً أنه لم تظهر أغصان رئيسة جديدة على هذه الشجرة لسنوات كثيرة؟ إن كل النمو الجديد يبدو هذه الأيام كأنه يحدث على مستوى الغصين».

قال فورتي: «كان وقتاً غريباً خاصةً حين فكرت أن هذا كل شيء عن شيء ما حدث منذ خمس مئة مليون عام، ولكن المشاعر في الحقيقة تتأجج. قلت مازحاً في أحد كتبي: إنني شعرت بأنه ينبغي أن أعتمر خوذة أمان قبل أن أكتب عن العصر الكمبري، ولكني لم أشعر أن الأمر كذلك ألبتة».

كان أغرب ما في الأمر هو رد أحد أبطال كتاب (الحياة الرائعة)، سيمون كونوي موريس، الذي أذهل كثيرين في جماعة علم الإحاثة حين رد فجأة على جولد في كتاب من تأليفه بعنوان بوتقة الخلق، الذي كتب عنه فورتي فيما بعد قائلاً: «لم أصادف قط حقداً كهذا في كتاب ألّفه مهنيّ. إن القارئ العادي لكتاب بوتقة الخلق -غير المطلع على التاريخ- لن يعرف أبداً أن وجهات نظر المؤلف كانت مرة قريبة إلى أفكار جولد (وإن لم يتم تقاسمها معه)».

حين سألت فورتي عن الأمر، قال: «حسناً، كان هذا غريباً جداً، وصادماً في الحقيقة؛ لأن تصوير جولد له كان مطرياً جداً. أستطيع الافتراض أن سيمون كان محرجاً. كما تعلم، إن العلم متحوّل ولكن الكتب ثابتة، وأفترض أنه ندم؛ لأنه كان مرتبطاً هكذا بطريقة متشددة بوجهات نظر لم يعد هو يقتنع بها. كان هناك كل ذلك الكلام عن: «آه، اللعنة، شعبة أخرى» وأتوقع أنه تأسف على أنه صار مشهوراً من أجل هذا. لن تعرف أبداً من قراءة كتاب سيمون أن وجهات نظره كانت مرة مماثلة تقريباً لوجهات نظر جولد».

ما حدث هو أن الأحافير الكمبرية الأولى بدأت تمر في وقت من إعادة التقويم النقدي. واستخدم فورتي وديريك بريجز أحد الشخصيات الرئيسة في كتاب جولد منهجاً يُعرف باسم cladistics لمقارنة أحافير برجيس المتنوّعة. وبتعبير بسيط، يتألف هذا المنهج من تنظيم المتعضيات على أساس سمات مشتركة. يقدم فورتي على سبيل المثال فكرة مقارنة زبَّابة* بفيل. إذا فكّرت بحجم الفيل الكبير وجذعه المذهل يمكنك

* حيوان صغير من آكلات الحشرات شبيه بالفأر.

أن تستنتج أنه لا يجمعه إلا القليل مع زبَّابة صغيرة ناشقة. ولكن إذا قارنت كليهما بسحلية فستلاحظ أن الفيل والزبّابة بُنيا وفق الخطة نفسها. ما يقوله فورتي جوهرياً هو أن جولد شاهد الفيلة والزبّابة حيث شاهد هو وبريجز الثدييات. إن مخلوقات برجيس -كما اعتقدا- لم تكن غريبة ومتنوّعة كما كانت لدى النظرة الأولى. يقول فورتي الآن: «لم تكن غالباً أغرب من ثلاثية الفصوص. وهذا يعني أنه كان لدينا فقط قرن كي نعتاد على ثلاثية الفصوص. إن الألفة تولّد الألفة كما تعرف».

لم يكن هذا -كما ينبغي أن أنبه- بسبب قلة الحرص أو عدم الانتباه. إن تفسير أشكال علاقات الحيوانات القديمة على أساس دليل مشوه، ومفكك في غالب الأحيان هو عمل مخادع بوضوح. قال (إدوارد أو. نلسون): إنه إذا أخذت أنواعاً منتقاة من الحشرات الحديثة، وقدّمتها كأحافير على نمط برجيس فلن يخمّن أحد أبداً أنها كانت كلها من الشعبة نفسها؛ لأن خططها الجسدية مختلفة جداً. كان اكتشاف موقعين ما قبل كمبريين في غرينلندة والصين -بالإضافة إلى مكتشفات مبعثرة أخرى، التي قدمت كثيراً من العيّنات الإضافية والأفضل- مساعداً في عملية التنقيحات.

خلاصة القول هي أن أحافير برجيس اكتشف أنها ليست مختلفة في النهاية. وتبين أن الهالوسجنيا Hallucigenia أعيد بناؤها من الأعلى إلى الأسفل. إن سيقانها التي تشبه الطوالة كانت في الحقيقة نتوءات على ظهورها. أما البيتوايا Peytoia، المخلوق الغريب الذي بدا كشريحة أناناس، فلم يكن مميّزاً وإنما جزء من حيوان أضخم يُدعى الأنومالوكاريس Anomalocaris. إن كثيراً من عيّنات برجيس وضعت الآن في الشعب الحية، تماماً حيث وضعها والكوت في المقام الأول. إن الهالوسيجنيا وبعض الأحافير الأخرى اعتُقد أنها على علاقة بالأونيتشوفورا Onychophora، وهي نوع من الحيوانات التي تشبه اليسروع. وأعيد تصنيف أخرى كسلف للديدان الحَلَقيّة. ويقول فورتي: «هناك نسبياً بضعة تصميمات كمبرية جديدة بشكل كامل. ويتبين في غالب الأحيان أنها تطوير مهم لتصميمات راسخة». وكما كتب في حياة: «لم يكن أي منها غريباً مثل البرنقيل* أو أكثر غرابة من الأَرَضة (النملة البيضاء)».

* حيوان بحري قشري يلتصق عادة بجوانب السفن وبالصخور والأسماك الكبيرة. المترجم.

لم تكن عيّنات برجيس شيل مثيرة (دراماتيكية) في النهاية. وهذا جعلها كما قال فورتي: «ليس أقل أهمية أو غرابة وإنما أكثر قابلية للتفسير». إن خططها الجسدية الغريبة كانت نوعاً من الوفرة الفتيّة، المعادل التطوري للشعر واللسان. وفي النهاية استقرت الأشكال في عمر متوسّط وثابت.

ولكن هذا ترك السؤال المستمر عن من أين جاءت كل هذه الحيوانات؟ وكيف ظهرت فجأة من اللامكان؟

تبيّن أنه من المحتمل أن الانفجار الكمبري لم يكن انفجارياً بشكل كافٍ. إن الحيوانات الكمبرية -كما يُعتقد الآن- كانت على الأرجح هناك، ولكنها كانت صغيرة لا تُرى. وكانت ثلاثية المفاصل هي التي قدمت المفتاح، خاصةً ذلك الظهور الغامض على ما يبدو لأنماط مختلفة من ثلاثية المفاصل في أمكنة مبعثرة بشكل كبير حول الكوكب، وكلها تقريباً في الوقت نفسه.

تبيّن أن الظهور المفاجئ لكثير من الكائنات المختلفة ذات الشكل الكامل عزز على ما يبدو إعجاز الانفجار الكمبري، ولكنه فعل العكس. إن ظهور مخلوق مشكل جيداً كثلاثية المفاصل في عزلة، هذا في الحقيقة أعجوبة والحصول على كثير منها، وكلها متميزة ولكنها مرتبطة ببعضها، وتظهر في سجل الأحافير في أمكنة بعيدة كالصين ونيويورك، يوحي بوضوح أننا فقدنا جزءاً كبيراً من تاريخها. يمكن ألا يكون هناك دليل أقوى على أنه ينبغي أن يكون لها سلف، أنواع من السلف بدأت الرحلة في ماض أبكر بكثير.

يُعتقد الآن أن سبب عدم عثورنا على هذه الأنواع الأولى هو أنها كانت صغيرة جداً، بحيث لا يُمكن حفظها. يقول فورتي: «ليس من الضروري أن تكون كبيرة كي تكون متعضيات معقدة تعمل بشكل تام. فالبحر يعجُّ اليوم بالمفصليّات التي لم تترك أي سجل أحافير». ذكر الحيوانات مجذافيّة الأرجل*، التي يصل عددها إلى ترليونات

* قشريات بحرية ونهرية تتميّز بأن لها جسماً متطاولاً، وعيناً مركزية واحدة، وقرني استشعار طويلين، وخمسة أزواج من الأرجل شبيهة بالمجاذيف. المترجم.

في البحار الحديثة، وعناقيد من الحشود كبيرة بما يكفي لجعل مناطق ضخمة من البحر سوداء، ومع ذلك فإن كل ما نعرفه عن أسلافها هو عيّنة واحدة عثر عليها في جسم سمكة متحجرة.

يقول فورتي: «إن الانفجار الكمبري –إن كانت هذه الكلمة تعبر عنه– ربما كان على الأرجح زيادة في الحجم أكثر مما هو ظهور مفاجئ لأنماط جسدية جديدة. ومن الممكن أنه حدث بسرعة، وهكذا –بهذا المعنى– أفترض أنه كان انفجاراً». والفكرة هي أنه كما أن الثدييات انتظرت وقتها لمئة مليون عام إلى أن انقرضت الديناصورات، ثم على ما يبدو انتشرت في أنحاء الكوكب كلها، فربما أيضاً انتظرت المفصليات وثلاثية الطبقات في غفلية شبه مجهرية ظهور متعضيات إدياكاران المهيمنة. يقول فورتي: «نعرف أن الثدييات ازداد حجمها بشكل لافت بعد أن انقرضت الديناصورات، ومع ذلك حين أقول بشكل مفاجئ تماماً أعني بالطبع بمعنى جيولوجي، لا نزال نتحدث عن ملايين الأعوام».

وبالمصادفة، حصل ريجينالد سبريج على قياس فات موعد استحقاقه. إن أحد الأجناس الرئيسة المبكرة، السبريجينا Spriggina سمّي على شرفه، بالإضافة إلى عدة أنواع، وصار الكل معروفاً باسم الحياة الحيوانية لإدياكاران، وهي اسم التلال التي بحث فيها. في ذلك الوقت –على أي حال– كانت قد انتهت منذ وقت طويل عمليات صيد سبريج للأحافير. فبعد أن هجر الجيولوجيا أسس شركة نفط ناجحة وأخيراً تقاعد في عزبة في سلاسل الفلندرز التي يحبها، حيث أنشأ ذخيرة من الحياة البرية. توفي في عام 1994 رجلاً غنياً.

الفصل الثاني والعشرون

وداعاً لكل هذا

حين نفكر في الأمر من منظور إنساني، ومن الصعب أن نفكر عبر أي شيء آخر غيره، فإن الحياة أمر غريب. لم تستطع الانتظار كي تستمر، ولكن بعد أن انطلقت، بدت مستعجلة كي تتحرك.

فكّروا بالأشنة. إن الأشنة هي أصعب المتعضيات تمييزاً على الأرض، ولكن بين الأقل طموحاً. تنمو بسعادة كافية في فناء كنيسة مشمس، ولكنها تزدهر خاصةً في بيئات لا يذهب إليها أي متعض آخر: على قمم الجبال العاصفة وفي الأراضي القطبية المقفرة، وأينما كان القليل من الصخر والمطر والبرد، ولا يوجد تنافس. ففي مناطق أناركتيكة حيث في الحقيقة لن ينمو أي شيء آخر، تجد مناطق واسعة من الأشنيات 400 نوع منها تتمسك بإخلاص بكل صخرة تجلدها الريح.

لم يستطع الناس فهم «كيف فعلت ذلك لوقت طويل»؟. ونظراً لأن الأشنيات تنمو على الصخر العاري دون غذاء واضح أو إنتاج بذور، فإن كثيراً من الناس المتعلمين اعتقدوا أنها كانت صخوراً علقت في عملية التحول إلى نباتات. وقد قال أحد المراقبين، في 1819 ويدعى الدكتور هورنستشيتش: «إن الحجر غير المتعضي يصبح نبتة حية تلقائياً!».

أظهر الفحص الدقيق أن الأشنيات كانت أكثر أهمية من كونها سحرية. فهي في الحقيقة شراكة بين الفطريات والأشنة. إن الفطريات تطرح أحماضاً تحلّ سطح الصخرة، محررة معادن تحولها الأشنيات إلى طعام كافٍ لتغذية كليهما. وهذا ليس ترتيباً مثيراً جداً، ولكنه ناجح على ما يبدو. وفي العالم أكثر من عشرين ألف نوع من الأشنة.

إن الأشنيات بطيئة النمو على غرار معظم الأشياء التي تزدهر في البيئات القاسية. ويمكن أن تستغرق الأشنة أكثر من نصف قرن لتصبح بحجم زر قميص. أما تلك التي

بحجـم صحون الطعام، كما قال ديفد أتنبورو: «من المحتمل أن يكون عمرها مئات إن لم يكـن آلاف السنـوات». سيكون من الصعب تخيل وجود أقل تحققاً. يضيف أتنبورو: «إنهـا توجد فحسب وتشهد على الحقيقة المتحركة بأن الحياة حتى في شكلها الأبسط تحصل -على ما يبدو- من أجل نفسها فحسب».

مـن السهـل أن نغفل هذه الفكـرة بأن الحياة هي هذا فقـط. فنحن نميل بوصفنا بشـراً إلى الشعـور بأنه لا بد أن للحيـاة هدفاً. لدينا خطط وتطلعـات ورغبات. نريد أن نستفيـد قـدر الإمـكان من كل الوجـود المُسكر الذي مُنح لنا. ولكـن ما هي الحياة بالنسبـة لأشنة؟ مع ذلك إن دافعها إلى الوجـود -إلى أن تكون- قوي كدافعنا ويقال: إنــه أقوى منه. لـو قيل لي: إنني سأمضي عقوداً كنمو فـرويّ على صخرة في الغابات، أعتقـد أنني سأفقد الإرادة من أجـل الاستمرار. أما الأشنيات فلا تفقد الإرادة. فهي علـى غرار الأشياء الحية جميعها ستعاني مـن أي صعوبة، وتتحمل أي إهانة من أجل وجود إضافي للحظة. إن الحياة باختصار، تريد أن تكون فحسب. ولكنها -وهنا نقطة في غاية الأهمية- لا تريد أن تكون في معظم الأحيان.

وهـذا غريب قليـلاً؛ لأن الحياة استغرقت وقتاً طويلاً كي تطـور الطموحات. فإذا تخيلـت الــ 4500 مليون عـام من تاريخ الأرضـ مضغوطاً في يوم أرضــي عادي، فإن الحيـاة عندئذ تبدأ باكراً جداً، نحو الرابعة صباحاً مع استيقاظ المتعضيات البسيطة الأحادية الخلية الأولى، ثم تتقدم في الست عشرة ساعة اللاحقة. لم تظهر الأرض أي شــيء للكون سوى جلـد غير مستقر من الميكروبات في الثامنــة والنصف مساء، حيث اليـوم أكبر بخمسـ أو ست مرات. ثم في النهاية، تظهر نباتـات البحر الأولى، تتبعها بعـد عشريـن دقيقة قناديل البحـر الأولى وحيوانـات إدياكاران الغامضــة التي رآها لأول مـرة ريجينالد سبريج في أسترالية. وفي التاسعة وأربع دقائق مساء تسبح ثلاثية المفاصـل إلى المشهد، تتبعها على الفور كائنات برجيس شيل ذات الشكل. وتماماً قبل العاشـرة مساء تبدأ النباتات بالظهـور في الأرض. وحالاً بعد ذلك، ولم يبقَ من اليوم إلا ساعتان، تأتي كائنات الأرض.

وبفضل عشر دقائق أو ما يقارب ذلك من الطقس المعتدل، في العاشرة وأربع وعشرين دقيقة تتغطى الأرض بالغابات المكوّنة للفحم، التي تمنحنا بقاياها كل فحمنا الحجري، وتظهر الحشرات المجنّحة الأولى. وتظهر الديناصورات في المشهد قبل الحادية عشرة مساء وتسيطر نحو ثلاثة أرباع الساعة. وبعد منتصف الليل بواحد وعشرين دقيقة تتلاشى ويبدأ عصر الثدييات. ويبزغ البشر قبل منتصف الليل بدقيقة واحدة وسبع عشرة ثانية. إن كل تاريخنا المدون –على هذا الميزان– لن يكون أكثر من بضع ثوانٍ، ولن تستمر حياة بشرية واحدة أكثر من لحظة. وفي أثناء هذا اليوم المسرّع بشكل كبير، تنجرف القارات وتصطدم سوية في عنف طائش. تنشأ الجبال وتذوب، أحواض المحيطات تأتي وتذهب، أغطية الجليد تتقدم وتنسحب. وفي المجمل، نحو ثلاث مرات كل دقيقة، في مكان ما على الكوكب يحدث انفجار ضوئي يحدد تأثير نيزك بحجم الذي صدم مانسون أو أكبر. والعجيب أن يبقى أي شيء على قيد الحياة في بيئة غير مستقرة ومضطربة كهذه. وفي الحقيقة، لا تحيا أشياء كثيرة طويلاً.

ربما كانت الطريقة الأكثر فاعلية لفهم جدّتنا الكبيرة كجزء من هذه الصورة التي تعود إلى 4.5 بلايين عام، هي أن تمد ذراعيك إلى الحد الأعلى وتتخيل ذلك العرض كتاريخ كامل للأرض. وعلى هذا الميزان، وبحسب جون مكفي في كتابه الحوض والسلسلة، إن المسافة من رؤوس أصابع يد إلى رسغ الأخرى هي سابقة للعصر الكمبري. إن كل الحياة المعقدة هي في يد واحدة، «وفي ضربة واحدة وبمبرد أظافر صغير تستطيع أن تستأصل التاريخ البشري».

لحسن الحظ، جاءت اللحظة، ولكن الفرص الجيدة سوف تحدث. لا أرغب في أن أقحم ملاحظة كئيبة في هذه النقطة، ولكن هناك صفة وثيقة الصلة بشكل كبير حيال الحياة على الأرض: إنها تنقرض. وربما هذا أحد الأسباب «لماذا كثير من الحياة ليس طموحاً بشكل كبير؟».

وهكذا في أي وقت تفعل الحياة شيئاً جسوراً فإنه يعدّ حدثاً مهماً، وكانت بعض المناسبات زاخرة بالأحداث أكثر مما حين انتقلت الحياة إلى المرحلة اللاحقة في قصتنا وخرجت من البحر.

كانت الأرض بيئة مرعبة: حارة وجافة ومغمورة بالأشعة فوق البنفسجية، تفتقر إلى الحماس الذي يجعل الحركة في المياه سهلة نسبياً. وكي تعيش على اليابسة، كان على الكائنات أن تمر في تنقيحات بالجملة لأجسامها. أمسك بسمكة من أي طرف وسوف ترتخي من المنتصف، إن عظم ظهرها ضعيف جداً، بحيث لا يستطيع دعمها. كي تحيا خارج الماء، كانت الكائنات البحرية بحاجة إلى هندسة داخلية حاملة للأثقال، وليس إلى نوع التكيف الذي يحصل بين عشية وضحاها. قبل كل شيء، وبشكل أكثر وضوحاً، يجب على أي كائن بري أن يطور طريقة؛ كي يأخذ أوكسجينه بشكل مباشر من الجو بدل أن يصفيه من الماء. لم تكن هذه التحديات سهلة. ومن ناحية أخرى، كان هناك حافز جبّار لمغادرة الماء: كان الماء يصبح خطراً. إن الالتحام البطيء للقارات في كتلة أرض واحدة، Pangea، كان يعني تقلّصاً شديداً للخط الساحلي مما أدى إلى تقلّص المثوى الساحلي. وهكذا كان التنافس وحشياً. كان هناك أيضاً نوع جديد غير مستقر من الوحوش المفترسة الآكلة لكل شيء في المشهد، وكانت مصممة بشكل كامل للهجوم، بحيث إنّها لم تتغيّر في كل تلك الدهور الطويلة منذ ظهورها: كانت هذه أسماك القرش. لن يكون هناك أبداً وقت أكثر ملاءمة للعثور على بيئة بديلة للماء.

بدأت النباتات عملية استعمار الأرض منذ 450 مليون سنة، وكانت ترافقها عند الضرورة السوسة* الصغيرة، ومتعضيات أخرى كانت بحاجة إليها لتحطيم وإعادة استخدام المادة العضوية لصالحها. واستغرقت الحيوانات الأكبر وقتاً أطول للظهور، ولكن منذ نحو 400 مليون عام كانت تغامر بالخروج من الماء، أيضاً. وقد شجعتنا الرسوم المشهورة على تصور سكان الأرض الأوائل المغامرين كنوع من الأسماك الطموحة، شيء ما يشبه الخنفساء الحديثة التي تستطيع أن تنتقل من بركة موحلة إلى أخرى في أثناء الجفاف، أو ربما كالبرمائيات القوازب ذات الشكل المكتمل. وفي الحقيقة، إن المقيمين المرئيين الأوائل المتنقلين على الأرض الجافة كانوا يشبهون أكثر حمار قبّان** على الأرجح. وهذه حشرات صغيرة (قشريات) تضطرب كثيراً حين تقلب صخرة أو جذع شجرة.

---

* حيوان مفصلي من العنكبوتيات، ذو جسم صغير بيضوي الشكل مكسو بالشعر. المترجم.

** دويبة صغيرة كثيرة القوائم. المترجم.

كانـت الأوقات طيبة بالنسبة لأولئـك الذين تعلموا أن يستنشقـوا الأوكسجين من الجـو. كانت مستويات الأوكسجين في العصر الديفوني والعصر الكربوني، حين بدأت الحياة الأرضية بالازدهار، مرتفعة بنسبة 35% (بالمقارنة مع 20% الآن). سمح هذا للحيوانات بأن تكبر بشكل لافت للنظر وبنحو سريع.

يحـق لكـم أن تتساءلوا «كيف يستطيـع العلماء معرفة مستويـات الأوكسجين منذ مئـات الملايين من الأعوام؟» يكمـن الجواب في حقل غامض قليلاً ولكنه ساذج يعرف باسـم جيوكيمياء النظائر. احتشدت الكائنات الديفونية والكربونية في عوالق صغيرة سلّحـتْ نفسها بأصداف حاميـة صغيرة. ثم -كما الآن- خلقت العوالق أصدافها عبر استنشـاق الأوكسجـين من الجو وخلطـه مع عناصر أخـرى مثل (الكربـون خاصةً) لتشكيـل مركبات مستمرة مثل كربونـات الكالسيوم. إنها الخدعـة الكيميائية نفسها التي تستمر (ونوقشت في مكان آخر في العلاقة مع) دورة الكربون ذات الأمد الطويل، وهي عملية لا تقدم قصة مثيرة ولكنها حيوية لخلق كوكب قابل للسكن.

تمـوت في هذه العملية المتعضيات الصغيرة جميعهـا وتندفع إلى قاع البحر، حيث تُضغـط ببطء كي تصبح أحجـاراً كلسية. وبين البنى الذرية الصغـيرة التي تأخذها معهـا العوالـق إلى القبر نظيران مستقران جداً همـا الأوكسجين 16 والأوكسجين 18 (النظير ذرة بعـدد غير سوي من النيوترونات). إلى هنا يأتي الجيوكيميائيون، ذلك أن النظائر تتراكم بسرعات مختلفة بحسب كمية الأوكسجين أو ثاني أكسيد الكربون التي في الجـوار وقت إنشائها. وبمقارنة النسب القديمـة لترسب النظيرين، يستطيع الجيوكيميائيـون أن يقرؤوا الأوضاع في العـالم القديم كمستويات الأوكسجين، ودرجة حـرارة الجو والمحيط، وحد وتوقيت العصور الجليدية وأمور أخرى كثيرة. وعبر مزج اكتشافاتهم عن النظير مع رواسب أخرى أحفورية تشير إلى أوضاع أخرى كمستويات غبـار الطلع (اللُّقـح) وغيرها، يستطيع العلمـاء -بثقة معتبرة- إعـادة خلق مشاهد طبيعية كاملة لم يسبق أن رأتها العين البشرية.

إن السبـب الرئيسـ لقدرة مستويـات الأوكسجين على التشكل بقـوة في أثناء مدة الحياة الأرضية الأولى، هو أن كثيراً من مشهد العالم كانت تهيمن عليه أشجار سرخس

عملاقة ومستنقعات واسعة، والتي بسبب طبيعتها المستنقعية قاطعت عملية إعادة تصنيع الكربون العادية. وبدلاً من أن تتعفّن بشكل كامل، تراكمت أوراق السرخس والمادة النباتية الأخرى في ترسبات غنية رطبة، ضُغطت في النهاية إلى الأسرة الفحمية الكبيرة التي تغذي الآن كثيراً من النشاط الاقتصادي.

شجّعت مستويات الأوكسجين المرتفعة جداً على النمو المفرط. إن الإشارة الأقدم إلى حيوان سطح سبق أن وُجد هو أثر تركه منذ 350 مليون سنة كائن يشبه الدودة الألفيّة على صخرة في أسكتلندة. كان أطول من متر. وقبل أن تنتهي الحقبة ستصل بعض الديدان الألفية إلى أطوال أكثر من ضعف هذا.

بوجود كائنات كهذه تجوس، ربما ليس من المفاجئ أن الحشرات في تلك المدة طورت خدعة تستطيع أن تبقيها بأمان خارج طلقة اللسان: لقد تعلّمت الطيران. لجأ بعضها إلى تلك الوسيلة الجديدة في التنقّل بسهولة خارقة للطبيعة، بحيث إنّها لم تغيّر تقنياتها في كل ذلك الوقت. ثم -كما الآن- استطاعت اليعاسيب أن تسافر بسرعة أعلى من 50 كيلومتراً في الساعة، وتتوقف على الفور، وتحوم، وتطير إلى الخلف، وترتفع إلى الأعلى أكثر بكثير، بشكل متناسب أكثر من أي آلة طيران اخترعها البشر. كتب أحد المعلّقين: «وضعتها القوى الجوية الأميركية في أنفاق هوائية؛ كي ترى كيف تفعلها، فيئست». تستهلك هي أيضاً الهواء الغني. ونمت اليعاسيب في الغابات الكربونية وصارت بحجم الغربان. وحققت الأشجار ونباتات أخرى أحجاماً فائقة للطبيعة. نما نبات ذنب الخيل والسرخس إلى ارتفاع 15 متراً، ووصل نبات رجل الذئب إلى ارتفاع 40 متراً.

إن الفقاريات الأرضية الأولى أي حيوانات اليابسة الأولى التي اشتُققنا منها هي لغز. ويعود هذا جزئياً إلى نقص الأحافير ذات الصلة، وإلى شخص سويدي غريب يدعى إريك جارفيك، الذي عرقلت تفسيراته الغريبة وأسلوبه السري التقدم في هذه المسألة تقريباً مدة نصف قرن. كان جارفيك جزءاً من فريق من الباحثين السويديين الذين ذهبوا إلى غرينلندة في الثلاثينيات والأربعينيات؛ بحثاً عن أحافير الأسماك. كانوا يبحثون خاصةً عن الأسماك الهدّابية الزعانف من النمط، الذي من المفترض أنه سلفٌ لنا ولكل الكائنات الأخرى التي تسير، والتي تعرف باسم رباعية الأرجل.

إن الحيوانات معظمها هي رباعية الأرجل، وتشترك رباعيات الأرجل الحية جميعها في شيء واحد: لها أربعة أعضاء، وكل منها ينتهي في حد أعلى من خمسة أصابع لليد أو القدم. فالديناصورات والحيتان والطيور والبشر، وحتى الأسماك كلها رباعية الأرجل، مما يوحي بوضوح أنهم أتوا من سلف واحد مشترك. وافتُرِض أن مفتاح هذا السلف المشترك يمكن العثور عليه في العصر الديفوني، منذ 400 مليون سنة. وقبل ذلك الوقت لم يسر أي شيء على الأرض. وبعد ذلك الوقت فعلَتْ كثير من الحيوانات ذلك. ولحسن الحظ عثر الفريق على مخلوق كهذا، وهو حيوان طوله متر يدعى Ichthyostega. أوكل تحليل الأحفور إلى جارفيك، الذي بدأ دراسته في 1948 وواظب عليها حتى الأعوام الثمانية والأربعين اللاحقة. ولسوء الحظ، رفض جارفيك أن يسمح لأي شخص آخر بأن يدرس هذا الحيوان الرباعي الأقدام. وكان على علماء الإحاثة في العالم أن يرضوا ببحثين تمهيديين مؤقتين، قال فيهما جارفيك: إن للحيوان خمس أصابع في كل من أعضائه الأربعة، مؤكداً أهميته كسلف.

توفي جارفيك في 1998. بعد موته فحص علماء إحاثة آخرون بلهفة العيّنة واكتشفوا أن جارفيك أخطأ في إحصاء أصابع اليدين والقدمين، كان هناك في الحقيقة ثمانية في كل عضو، وأخفق في أن يلحظ أن السمكة لم يكن بوسعها السير. كانت بنية الزعنفة ضعيفة، بحيث إنّها كانت ستنهار تحت ثقلها. ولا حاجة للقول: إن هذا لم يفعل كثيراً كي يطوّر فهمنا لحيوانات البر الأولى. واليوم هناك ثلاثة رباعيات أرجل قديمة معروفة ولكن لا أحد منها له أصابع. باختصار، لا نعرف تماماً من أين أتينا.

لكننا أتينا، بالرغم من أن الوصول إلى حالتنا الحاضرة من العلوّ لم تكن دوماً مباشرة. ومنذ أن بدأت الحياة على اليابسة، تألفت من أربع سلالات ضخمة، كما تُدعى أحياناً. كانت الأولى تتألف من القوازب والزواحف البدائية المتثاقلة ولكن أحياناً الضخمة والجبارة. وكان الحيوان المعروف بشكل أفضل في هذا العصر هو الديمرترودون Dimertrodon، وهو حيوان مائي يخلط بشكل شائع مع الديناصور (كذلك في شرح لصورة في كتاب كارل ساغان النيزك). كان الديمرترودون في الحقيقة ساينابسيد a synapsid. وهكذا، في إحدى المرات، كنا. كانت السايناسبسيد

synapsids أحـد الأقسـام الرئيسـة الأربعة لحيـاة الزواحـف الأولى، كانت الأخرى الأنابسيدس anapsids، واليورابسيدس euryapsids، والديابسيدس diapsids. وتشـير الأسمـاء ببساطة إلى عـدد وموقع الثقوب الصغيرة التـي اكتُشفت في جوانب جماجـم مالكيهـا. كان في السايناپسيد synapsids ثقب واحـد في الصدغ السفلي؛ وكان في الديابسيدس diapsids اثنـان؛ وكان في اليورابسيدس euryapsids ثقـب واحد في الأعلى.

ومع مرور الزمن، انقسمت كل من هذه المجموعات الرئيسة إلى مزيد من الأقسام الفرعية، منها ازدهر ومنها كان ضعيفاً. نشأ عن الأنابسيدس anapsids السلاحف، التـي ظهرت وربما مـن غير المرجح قليـلاً في وضعية الهيمنة لتصبـح أكثر حيوانات الكوكب تقدماً وفتكاً، قبل أن تقوم هزيمة تطورية منكرة بجعلها تظل مستمرة بدلاً من مهيمنـة. وانقسمت synapsids إلى أربعة جداول، عاش واحد منها إلى ما بعد الدهر البرمـي. ولحسن الحـظ، كان هذا هو الجدول الذي ننتمي إليه، وتطور إلى عائلة من الثدييات البدائية التي تُعرف باسم الثيرابسيدس therapsids. وشكّلت هذه السلالة الكبيرة 2.

ولسـوء حـظ الثيرابسيدس therapsids، فإن أبنـاء عمومتها مـن الديابسيدس diapsids كانـت أيضـاً تتطوّر بشـكل منتج إلى ديناصورات (بـين أمور أخرى)، مما برهن بالتدريج أن هذا ليس لصالح الثيرابسيدس therapsids. تلاشت الثيرابسيدس therapsids بالجملـة مـن السجل؛ لأنها لم تكن قادرة علـى التنافس المباشر مع هذه الكائنـات الجديـدة العداونيـة. وتطورت قلّة - علـى أي حـال - إلى كائنات صغيرة، مستكنـة في جحر، وفرائية تحملت زمنها لوقت طويل حـين كانت ثدييات صغيرة. لم ينـمُ أكبرهـا إلى حجم قطة منزلية ومعظمها لم يكن أكـبر من الفئران. وفي النهاية، هـذا سيبرهـن على خلاصهـا، ولكـن كان عليها الانتظـار 150 مليون سنـة للسلالة الكبيرة 3، عصـر الديناصورات، كي تنقرض فجأة وتفسح المجال للسلالة الكبيرة 4 وعصرنا من الحيوانات الثديية.

كانت التحولات الضخمة – الأصغر منها أيضاً – تعتمد محرك التقدم المهم بشكل ينطوي علـى مفارقة: الانقراض. وإنها لحقيقة غريبة أن موت الأنواع على الأرض هو – بالمعنى الأكثر حرفية – طريقة للحياة. لا أحد يعرف كم من أنواع المتعضيات وُجدت منـذ أن بدأت الحياة. إن ثلاثين بليون هو الرقـم الذي يُذكر بشكل شائع. ومهما كان الحاصـل الكلي، فإن 99.99% من الأنواع جميعها التـي سبق أن عاشت لم تعد معنا. قـال ديفد راوب David Raub من جامعة شيكاغو: «لدى التقدير الأول إن كل الأنواع منقرضـة». بالنسبـة للمتعضيات المعقّدة، إن متوسط الحيـاة هو نحو 4 ملايين سنة، تقريباً حيث نحن الآن.

إن الانقراض هـو دوماً أنبـاء سيئة للضحايـا بالطبع، ولكن يبدو أنـه شيء جيد لكوكب دينامي. ويقول إيان تاترسال من المتحف الأميركي للتاريخ الطبيعي: «إن بديل الانقراض هـو الركود، والركود نـادراً ما يكون شيئاً جيـداً في أي حقل». (ربما يجب أن أنبـه أننا نتحدث هنا عـن الانقراض على أنه عملية طبيعية على المدى الطويل. إن الانقراض الذي يسببه الإهمال البشري هو مسألة أخرى تماماً).

ترتبـط الأزمـات في تاريخ الأرض بشكل متنـوّع بقفزات (دراميـة) فيما بعد. إن سقـوط حيوانات إدياكاران تبعـه الانفجار الخلّاق للعصر الكمـبري. أما الانقراض الأردفيشـي الـذي حـدث منذ 440 مليـون سنة، فقـد نظّف المحيطات مـن كثير من الحيوانـات غير القـادرة على الحركة التي تتغـذى عبر مصفاة، وأنشـأ – نوعاً ما – أوضاعـاً فضلـت الأسماك المريّشـة والزواحف المائية العملاقـة. وكانت هذه بدورها في موقـع مثالي كـي ترسل المستعمريـن إلى اليابسة حين منح ثـوران آخر في العصر الديفـوني المتأخر الحياة هزة صاخبة. وهكذا حدث في فواصل متقطعة عبر التاريخ. فلـو أن هذه الحوادث معظمها لم تحصل تمامـاً في الموعد الذي حدثت فيه، لكان من المؤكد أننا لن نكون موجودين هنا الآن.

شهـدت الأرض خمسة حوادث انقراضـ رئيسة في زمنهـا الأردفيشي، والديفوني، والبرمي، والترّياسي، والطباشيري، في هذا الترتيب وكثيراً من الانقراضات الصغيرة. حدث الانقراض الأردفيشي (منذ 440 مليون سنة) والديفوني (منذ 365 مليون سنة)

قضى كل منهما على 80 إلى 85% من الأنواع. حدث الترياسي (منذ 210 مليون سنة) والطباشيري (منذ 65 مليون سنة) وقضى كل منهما على 70 - 75% من الأنواع. ولكن الحـدث الأكبر كان الانقراض البرمـي الذي حدث منذ نحو 245 مليـون سنة، وأسدل الستار على العمر الطويل للديناصورات. وفي الانقراض البرمي، غادر على الأقل 95% مـن الحيوانات المعروفة في سجـل الأحافير الوجود كي لا تعود أبـداً. وانقرض ثلث نوع الحشـرات، وهـذه هـي المناسبة الوحيـدة التي فقدت فيهـا بالجملة. وهـذا قريب من الانقراض الكلي.

قال رتشارد فورتي: «كان في الحقيقة انقراضاً جماعياً، مذبحة لم تشهد لها الأرض مثيـلاً». كان الحدث البرمي مدمراً خاصةً لمخلوقـات البحر. تلاشت ثلاثية المفاصل كلهـا. وانقرضت البطلينوسـات وقنافذ البحـر تقريباً. صُعقـت المتعضيات البحرية جميعهـا، وسواء في الماء وعلـى اليابسة، اعتُقد أن الأرض فقـدت 52% من عائلاتها وهذا مستوى فوق الجنس وتحت الرُّتبة بوزن الحياة (موضوع الفصل اللاحق)، وربما فقدت 96% من كل أنواعها. وسيمر وقت طويل 80 مليون عام قبل أن تنتعش الأعداد الكلية للأنواع.

يجـب أن نبقـي نقطتين في أذهاننـا. الأولى، إن كل هذه تخمينـات علمية. تتروح التقديـرات عـن عدد الأنـواع الحيوانية الحيـة في نهايـة العصر البرمي مـن العدد المنخفض 45,000 إلى العدد المرتفع 240,000. إذا كنت لا تعرف كم من الأنواع كانت حيـة، بالكاد تستطيـع أن تحدد بقناعة نسبة تلك التي هلكـت. فضلاً عن ذلك، نحن نتحدث عن موت الأنواع، وليس الأفراد. بالنسبة للأفراد يمكن أن يكون عدد الوفيات أعلى بكثير، وفي كثير من الحالات، كلياً. وتدين الأنواع التي بقيت حتى الطور اللاحق من قرعة (يانصيب) الحياة بوجودها إلى بعض الناجين المروّعين والمنهكين.

وبـين أوقات القتـل الكبيرة، حدثـت انقراضات أصغر كثـيرة ومجهولة الهمفيلية Hemphillian، والفاميـة Famennian، والفرنزيـة Frasnian، والرانكولابريـان Rancholabrean ومجموعـة مـن الانقراضات الأخرى التي لم تكـن مدمرة للأنواع الكليـة جميعهـا، وإنما ضربت سكانـاً معيّنين بشكل خطر في غالـب الأحيان. اختفت

الحيوانـات التي ترعى، وبينها الأحصنة، تقريبـاً في الانقراض الهمفيلي منذ خمسة ملايين عام. وانحدرت الأحصنة إلى نوع واحد، ظهر بشكل متقطّع في سجل الأحافير كأنـه يريـد أن يوحي أنـه تأرجح لبعض الوقت على حافـة النسيان. تخيّلـوا التاريخ البشري دون أحصنة، دون حيوانات ترعى.

ومـن المحـيّر أننـا لا نملـك تقريبـاً -في الحـالات جميعهـا- فكـرة عـن أسباب الانقراضـات الكبيرة والأكـثر تواضعاً. فحتى بعـد تعرية النظريـات الأكثر جنوناً لا يـزال هناك المزيد من النظريات بشأن سبّب حوادث الانقراض، أكثر مما كان هناك حـوادث. ولكن هنـاك أسباب تم تحديدها كعلـل أو أسباب رئيسة، وهي ازدياد حرارة الأرض، وازدياد برودتهـا، ومستويات البحر المتغيّرة، ونضوب الأوكسجين من البحار (وهذا وضع يُعرف باسم الأنوكسيا)، والأوبئة، والتسربات الكبيرة لغاز الميثان من قاع البحر، والاصطدامات النيزكية، والأعاصير الجبّارة مثل الهايبركينز hypercanes، والثورانات البركانية الضخمة والشُّواظ الشمسي الكارثي.

إن هـذا الأخير هو بشـكل خاص احتمال مثير للاهتمـام. لا أحد يعرف كم يمكن أن يكـون حجم الشُّواظ الشمسي؛ لأننـا كنا نراقبه فحسب منذ بداية عصر الفضاء، ولكـن الشمس آلة جبارة وعواصفها ضخمة. إن شواظاً شمسياً عادياً شيء لن نلحظه حتى على الأرض سيطلق طاقة مساوية لبليون قنبلة هيدروجينية، ويقذف في الفضاء مئـة مليون طن مـن الجزيئات القاتلـة ذات الطاقة العالية. إن الغـلاف المغناطيسي والغلاف الجوي يطردان الشواظ إلى الفضاء، أو يوجهانه بأمان نحو القطبين (حيث ينتـج الأشفاق القطبية الشمالية والجنوبية الجميلـة)، ولكن يُعتقد أن انفجاراً كبيراً غـير مألوف، لنقل أكبر من الشواظ المعتاد بمئـة مرة، يمكن أن يقضي على دفاعاتنا الأثيرية. إن عرض الضوء سيكون عظيماً، ولكنه سيقتل فوراً بالتأكيد نسبة عالية جداً مـن كل مـن ينعم بوهجه. فضلاً عن ذلك، والأكثر إخافـة، بحسب بروس تسوروتاني من مخبر الدّفع النّفثي في وكالة ناسا: «لن يترك أثراً من التاريخ».

إن هـذا يقودنـا -كمـا عبّر أحـد الباحثين عن الأمـر- إلى «أطنان مـن التخمين وقليـل جداً من الأدلة». ويبدو كأن التبريـد مرتبط بثلاثة حوادث انقراض على الأقل

الأوردفيشي، والديفوني والبرمي، ولكن لا يُقبل عامة غير هذا، بما فيه إن كانت حادثة معيّنــة قد حدثت بسرعة أو ببطء. لا يستطيع العلماء الاتفاق، مثلاً إن كان الانقراض الديفوني المتأخر الحدث الذي تبعه تحرك الفقاريات على الأرض حدث طوال ملايين السنين، أو آلاف السنين أو في يوم واحد.

إن أحــد أسباب صعوبة تقديم شروح مقنعة للانقراضات هو إنه من الصعب جداً إبــادة الحياة علــى نطاق واسع. وكمــا رأينا من اصطــدام مانسون، يمكــن أن تتلقى الحياة ضربة عنيفة، ومع ذلك تقوم بانتعاش كامل، حتى لو افترضنا أنه غير مستقر. وهكذا لماذا -من بين آلاف الاصطدامات جميعها التي تحملتها الأرض- كان اصطدام كــي تي KT الذي حدث منذ 65 مليون سنة، الذي حــل بالديناصورات، مدمراً بشكل شــاذ؟ حسنــاً أولاً، كان ضخماً وهائلاً. ضــرب بقوة 100 ميغاطــن. ليس من السهل تخيّل انفجار كهذا، ولكن كما أشار جيمس لورنس باول، إذا فجرت قنبلة بحجم قنبلة هيروشيمــا لكل شخص يعيشــ على الأرض اليوم، فسيظل ينقصــك نحو بليون قنبلة لتحــدث أثر اصطدام كي تي. مع ذلك، حتى هذا وحــده يمكن ألا يكون كافياً للقضاء على 70% من حياة الأرض، بما فيه الديناصورات.

كان لنيزك كي تي فائدة إضافية، إذا كنت من الثدييات، فهي أنه نزل في بحر قليل العمــق لا يبلغ عمقه إلا 100 متر، وعلى الأرجــح في الزاوية الصحيحة، في وقت كانت فيــه مستويــات الأوكسجين أعلى بنسبة 10% من الوقــت الحاضر، وهكذا كان العالم قابلاً للاحتراق أكثر. وقبل كل شيء، كان قاع البحر حيث نزل مصنوعاً من الصخور الغنيــة بالكبريت. كانت النتيجة اصطدامــاً غيّر منطقة من قاع البحر بحجم بلجيكة إلى ذريرات دقيقة من حمض الكبريتيك. بعد شهور، خضعت الأرض لأمطار حمضية بما يكفي لحرق الجلد.

بمعنــى ما، هناك سؤال أهم من: «ما الذي قضى على 70% من الأنواع التي كانت موجودة في ذلك الوقت؟» وهو: «كيف استطاعت الثلاثون بالمئة المتبقية النجاة؟» لماذا قضى الحــدث على الديناصــورات جميعها دون استثناء، بينما نجــت زواحف أخرى كالثعابين والتماسيح؟ لم تنقرض أي أنواع من الضفادع والسمادل والسمادر أو قوازب أخــرى في أمريكة الشمالية. «لمــاذا بزغت هذه الكائنات الحساســة سليمة من كارثة

كهذه لا نظير لها؟» كما سأل تيم فلانيري في كتابه المذهل عن أمريكة ما قبل التاريخ، (الحدود الأبدية).

كانت القصة نفسها تحدث في البحار. تلاشت الآمونيّة جميعها (رخويات منقرضة)، ولكن أبناء عمومتها النوتيّات nautiloids - التي عاشت نمط حياة مشابهاً- نجت. ومن العوالـق، انقرضت بعض الأنواع 92% من المنخريات، مثلاً بينما كانت متعضيات أخرى مثل الدياتوم -المصممة لخطة مشابهة التي تعيش إلى جانبها- سليمة نسبياً.

هذه تناقضات صعبة. وكما يقول رتشارد فورتي: «لم يبدُ نوعاً ما مقنعاً أن ندعوها فقـط بـ «المحظوظة» ونتركها عند هـذا». إذا -كما يبدو من المحتمل بشكل كامل- تبع الحـدث أشهر من الدخان المظلم الخانق، فهذا يعني أن كثيراً من الحشرات الناجية لـن تستفيد. قال فورتي: «إن بعض الحشرات كالخنافس تستطيع العيش على الخشب أو أي شيء في الجوار. ولكن ماذا عن تلك التي كالنحل، التي تسافر في ضوء الشمس وتحتاج إلى غبار الطلع؟ ليس من السهل شرح سبب نجاتها».

قبـل كل شيء، هناك المرجان. يحتاج المرجان إلى الأشنة كي يحيا وتحتاج الأشنة إلى ضـوء الشمـس، ويحتاج كلاهما إلى حد أدنى ثابت من درجة الحرارة. لقد حظي بكثـير مـن الشهـرة في الأعوام القليلـة الماضية، القـول: إن موت المرجـان ناجم عن تغـيرات في درجة حرارة البحر درجة أو ما يقارب ذلك. إذا كانت مهددة من تغيرات بسيطة، فكيف نجت من شتاء الاصطدام الطويل؟

هنـاك أيضـاً كثـير مـن التنوعـات الإقليميـة التـي من الصعـب شرحهـا. تبدو الانقراضـات أقل حدة بكثير في نصف الكـرة الجنوبي مما هو الأمر في نصف الكرة الشمالي. يبدو أن نيوزلندة قد نجت بشكل كامل ومع ذلك ليس فيها حيوانات جحور. حتى نباتاتها نجت بشكل كامل، ومع ذلك فإن وزن الحريق الهائل في الأمكنة الأخرى يوحي بأن الدمار كان على مستوى الكون. باختصار، هناك كثير الذي لا نعرفه.

ازدهـرت بعض الحيوانات بشكل كامل، بما فيـه -شكل مدهش قليلاً- السلاحف مرة أخرى. وقال فلانيري: إن المدة التي أعقبت فوراً انقراض الديناصورات يمكن أن

تعـرف بشكل جيد باسم عصر السلاحف. نجا سـتـة عشر نوعاً في أمريكة الشمالية، ثم ظهرت ثلاثة أنواع أخرى.

كان البقـاء في المنزل في الشتاء مساعداً على ما يبدو. قضى اصطدام كي تي على 90% من الأنواع الأرضية تقريباً، وعلى 10% فقط من تلك التي كانت تعيش في المياه العذبة. فقد قدم الماء الحماية ضد الحرارة واللهب، ولكن من المفترض أيضاً أنه قدم الغـذاء في المدة القاحلة التي تلت تبعتها. كانت حيوانات البر جميعاً التي نجت تمتلك عـادة التراجـع إلى بيئة أكثر أمناً في أوقات الخطر إلى الماء، أو إلى تحت الأرض قدم كل منهما مأوى معتبراً ضد التخريب الخارجي. إن الحيوانات التي تتبعت القمامة من أجـل أن تحيا لا بد أنها تمتعت أيضـاً بفائدة. كانت العظاءات، ولا تزال، كتيمة بشكل كبـير على البكتيريا في الجثث المتآكلة. وكانـت غالباً ما تنشد إليها، وكان هناك كثير من الجثث المتعفّنة لوقت طويل.

غالبـاً ما يُقـال على نحو خاطئ: إن الحيوانات الصغـيرة فحسب نجت من حادث كي تي. في الحقيقة، كان بين النـاجين التماسيح، التي لم تكن كبيرة فحسب وإنما أكبر مما هي عليه الآن بثلاثة أمتار. وفي المجمل –من الصحيح– كان معظم النـاجين صغاراً وماكرين. إذا كان العالم مظلماً ومعادياً فهذا هو الوقت المثالي كي تكون صغيراً، وثابت الحـرارة، وناشطـاً في الليل، ومرناً في الغـذاء وحذراً بطبيعتك: الصفـات ذاتها التي ميّـزت أسلافنا من الثدييات. فلو كان تطورنا أكثر تقدماً، لكنا انقرضنا على الأرجح. وبدلاً من ذلك، وجدت الثدييات نفسها في عالم كانت مناسبة له كأي شيء حي.

علـى أي حـال، لم يبدُ كأن الثدييات اندفعت نحو الأمـام كي تملأ كل مشكاة. قال عالم الإحاثة والبيولوجيا ستيفن.م. ستانلي: «إن النشوء يمكن أن يمقت الفراغ، ولكن غالبـاً مـا يستغرق الأمـر وقتاً طويلاً لملئه». ربمـا بقيت الثدييات صغـيرة حذرة مدة عشـرة ملايين عام. وفي بداية العصـر الثلثي (العصر الأول من الدهر الحديث)، لو كنت بحجم هرة بريّة لكان بوسعك أن تكون ملكاً.

حالمـا انطلقـت الثدييات توسّعت بشـكل كبير، وأحياناً إلى درجـة منافية للطبيعة والعقـل. كان هناك لبعض الوقت خنازير غينية بحجـم كركدنات وكركدنات بحجم

منزل بطابقين. وأينما كان هناك فراغ في سلسلة الحيوانات الضارية، كانت الثدييات تنشأ (بالمعنى الحرفي غالباً) كي تملأه. إن الأعضاء الأوائل من حيوانات الراكون (الغريِّر الأميركي) هاجرت إلى جنوب أمريكة، اكتشفت فراغاً، وتطورت إلى حيوانات بحجم الدب ووحشيته. ازدهرت الطيور أيضاً بشكل غير متناسب. فطوال ملايين السنين، كان هناك طائر عملاق، لا يطير، لاحم يُدعى تيتانيس Titanis، ومن المحتمل أنه كان الحيوان الأكثر وحشية في أمريكة الشمالية. كان بالتأكيد الطائر الأكثر إثارة للخوف الذي سبق أن وُجد. كان ارتفاعه ثلاثة أمتار، ويزن أكثر من 350 كيلوغراماً، وله منقار يستطيع أن يقطع رأس أي شيء يزعجه. عاشت عائلته مهيمنة خمسين مليون سنة، ولكن لم يعرف أحد أنه وُجد إلى أن عثر على هيكل عظمي له في فلوريدة عام 1963.

يقودنا هذا إلى سبب آخر لعدم يقيننا بالانقراضات: ضآلة سجلّ الأحافير. تحدثنا سابقاً عن صعوبة تحول أي مجموعة من العظام إلى أحافير، ولكن السجل سيئ بالفعل أكثر مما نتصور. فكّروا في الديناصورات. إن المتاحف تقدّم انطباعاً بأنه لدينا وفرة عالمية من أحافير الديناصورات. في الواقع إن عروض المتاحف الطاغية هي اصطناعية. إن الديناصور العاشب العملاق الذي يهيمن على مدخل صالة متحف التاريخ الطبيعي في لندن، الذي أمتع وعلّم أجيالاً من الزوّار مصنوع بشكل كامل من الجصّ. بني عام 1903 في بطرسبرغ وقدمه إلى المتحف أندرو كانريجي. أما صالة الدخول في المتحف الأميركي للتاريخ الطبيعي في نيويورك فيهيمن عليها مشهد أكثر عظمة: هيكل عظمي لباروسوروس Barosaurus ضخم يدافع عن طفله من هجوم ألوسوروس allosaurus طائر وبارز الأسنان. إنه عرض مؤثر بشكل رائع. يبلغ ارتفاع الباروسوروس 9 أمتار، ولكنه مزيف بشكل كامل. إن كل عظم من العظام المعروضة التي يبلغ عددها عدة مئات هي مصبوبة. زوروا أي متحف تاريخ طبيعي ضخم في العالم في باريس وفيينا وفرانكفورت وبوينس آيرس ومكسيكو سيتي وما سيستقبلكم هي أشكال قديمة وليس عظاماً قديمة.

لا نعرف في الواقع كثيراً عن الديناصورات. لم يحدد من مجمل عصر الديناصورات إلا ألف نوع (عرف نصفها تقريباً من عيّنة واحدة)، التي هي ربع عدد الأنواع الثديية

الحيـة اليوم تقريبـاً. ضعوا في أذهانكـم أن الديناصورات حكمـت الأرض أكثر من الثدييات بثلاث مرات تقريباً، وهكذا فإما أن الديناصورات كانت غير منتجة للأنواع بشـكل لافت، أو ربما بالكاد خدشنا السطـح (إذا استخدمنا الكليشيه الطيّعة بشكل لا يُقاوم).

لم يُعثر على أحفور واحد طوال ملايين السنين في أثناء عصر الديناصورات. حتى في العصـر الطباشـيري العصر الذي دُرِس أكثر من غيره هنـاك، بفضل اهتمامنا الطويل بالديناصورات وانقراضها، نعلم أن نحو ثلاثة أرباع من كل الأنواع التي عاشت لم تكتشف بعد. من المحتمل أن حيوانات أكبر من الديناصورات العاشبة أو أكثر مقتاً من التيرانوصورات (ديناصورات ضخمة لاحمة) طافت على الأرض بالآلاف، ويمكن ألا نعرف ذلك أبداً. وحتى وقت متأخر جداً، جاء كل ما هو معروف عن الديناصورات في هذا العصر من نحو ثلاث مئة عيّنة فقط تمثّل ستة عشر نوعاً. قادت ضآلة السجلّ إلى اعتقـاد واسـع الانتشار بـأن الديناصورات كانت في طريقهـا إلى الانقراض حين حصل اصطدام كي تي.

في أواخـر الثمانينيات قرر عالم إحاثة من متحف ميلوكي العام يدعى بيتر شيهان القيـام بتجربـة. مستخدماً 200 متطوع، قـام بإحصاء مجهد لمنطقـة محددة جيداً ومنتقـاة، جيـداً هي (هـل كريك فورميشـين) في مونتانـة. غربل المتطوعـون بدقة، وجمعـوا كل الأسنـان والفقرات وقشـور العظام، وكل مـا أهمله المنقّبـون السابقون. استغرق العمل ثلاث سنوات. حين انتهوا، اكتشفوا أنهم ضاعفوا أكثر من ثلاث مرات مـن أجل الكوكب عـدد أحافير الديناصورات من أواخر العصـر الطباشيري. ووصل المسـح إلى أن الديناصـورات بقيت عديدة حتى زمن اصطـدام كي تي. وقال شيهان: «ليسـ هناك سبب للاعتقاد بأن الديناصـورات كانت تنفق بالتدريج في أثناء الأعوام الثلاثة ملايين الأخيرة من العصر الطباشيري».

نحـن معتـادون على نظرية حتميتنـا بوصفنا نوعـاً مهيمناً على الحيـاة، بحيث من الصعب أن نفهـم أننا هنا بسبب انفجارات فضائية حدثت في الوقت المناسب، وحظوظ

أخرى عشوائية. إن الشيء الوحيد الذي نشترك فيه مع كل الأشياء الأخرى الحية هو أنه مـدة أربعة بلايين عام تقريباً، نجح أسلافنا في الانزلاق عبر سلسلة من الأبواب المغلقة في كل مـرة احتجنا إلى قيامهم بذلك. وقد عـبرّ ستيفن جي جولد عن الأمر بشكل بارع الإيجـاز في سطـر معروف جيداً: «إن البشر هم هنا اليـوم؛ لأن خطنا الخاص لم يتشظَّ مرة واحدة في أي من النقاط البليون، التي كان من الممكن أن تمحونا من التاريخ».

بدأنا هذا الفصل بثلاث نقاط: الحياة تريد أن تكون؛ الحياة لا تريد دوماً أن تكون كثـيراً؛ الحياة تنقرض بين وقت وآخـر. يمكن أن نضيف إلى هذا نقطة رابعة: الحياة تستمر. وغالباً –كما سنرى– تستمر بطرق مذهلة بلا جدال.



الفصل الثالث والعشرون

غنى الوجود

في متحف التاريخ الطبيعي في لندن، وداخل تجاويف مضاءة من الداخل في المعابر، أو بين علب زجاجية من المعادن وبيض النعام والأشياء المتناثرة بغير انتظام، التي تعود إلى قرن أو أكثر، تتوزّع أبواب مغفلة، لا تجذب انتباه الزوّار. وبين فينة وأخرى يمكن أن تشاهد شخصاً ما شارداً وبِشَعْر فوضوي بشكل متعمد وممتع. إنه أحد الباحثين الذي يبزغ من الأبواب ويسرع عبر ممر، كي يختفي عبر باب آخر أبعد بقليل، ولكن هذا حدث نادر نسبياً. ففي معظم الأحيان تبقى الأبواب مغلقة، ولا تمنح تلميحاً أنه يوجد خلفها متحف طبيعي آخر مماثل أكبر وأروع من ذلك الذي يعرفه العامة ويعشقونه.

يحتوي متحف التاريخ الطبيعي على سبعين مليون شيء من ميادين الحياة وزوايا الكوكب جميعها، ويضاف إلى المجموعة مئة ألف شيء كل عام، ولا يمكن أن تفهم أي كنز منزلي يمثله هذا المخزن إلا خلف الستائر. ففي غرف طويلة ملأى برفوف قريبة من بعضها يُحفظ عشرات الآلاف من الحيوانات المخللة في الزجاجات، وملايين الحشرات مثبتة على مربعات من الأوراق، وأدراج من الرخويات البرّاقة، وعظام ديناصورات، وجماجم بشر أوائل، وطيات لا تنتهي من النباتات المضغوطة بأناقة. يبدو الأمر قليلاً وكأنك تتجول في دماغ دارون. إن غرفة الكحول وحدها تحتوي على رفوف عليها أوانٍ فوق أخرى فيها حيوانات محفوظة في الكحول الميثل.

ثمة عيّنات جمعها جوزف بانكس من أسترالية، وألكسندر فون همبولتمن من الأمازون ودارون في رحلة البيجل، وكثير من الأشياء الأخرى التي هي إما نادرة جداً أو مهمة تاريخياً أو كلا الأمرين. يحب كثير من الأشخاص اقتناء أمور كهذه. وهناك قلة تقتني مثلها. وفي عام 1954 حصل المتحف على مجموعة مميزة من الطيور من عزبة

جامـع مخلص يدعى رتشـارد ماينرتزاغـن Richard Meinertzhagen، الذي ألّف كتـاب (طيور شبه الجزيرة العربية)، بالإضافة إلى أبحاث أخرى. كان من المسهمين المخلصين في المتحف طوال سنوات، وكان يأتي يومياً كي يسجّل ملاحظات لتأليف كتبه ودراساتـه. حين وصلت الصناديق قام أوصياء المتحف بفتحها بلهفة؛ كي يشاهدوا ما تُـرك وقد فوجئـوا، إذا قلنا بخفة، حـين اكتشفوا أن عدداً ضخماً مـن العيّنات كانت تحمـل اسم المتحـف نفسه. وتبيّن أن السيـد ماينرتزاغن كان يأخـذ من مجموعتهم طوال سنوات. وهذا فسّر سبب ارتدائه لمعطف ضخم في أثناء الطقس الدافئ.

بعـد بضع سنـوات قبض على زائر منتظـم عجوز في قسم الرخويـات «كان سيداً مميزاً»، كما قيل لي وهو يضع أصدافاً بحرية قيّمة في السيقان المجوفة لعكازه.

«لا أفترضـ أن هنـاك أي شـيء لا يشتهيـه شخص ما في مكان مـا»، قال رتشارد فورتـي وهـو يفكّر فيما كان يقـودني في زيارة للعالم الساحر، الـذي خلف الستائر في المتحف. تجولنا عبر أقسام مشوشة حيث كان أشخاص يجلسون حول طاولات ضخمة منكبـين علـى القيام باستقصاءات عـن المفصليات وسعف النخـل وعلب من العظام المصفرّة. كان هناك في الأمكنة جميعها جو من التأني، أشخاص منخرطون في مسعى هائـل لا يمكن أن يكتمـل ويجب ألا يكـون مستعجلاً. وفي 1967 -كما قـرأت- أصدر المتحـف تقريره عن حملة جون مـري، وهو مسح للمحيط الهندي، بعـد أربع وأربعين سنـة من اختتام الحملة. هذا عـالم تتحرك فيه الأشياء بسرعتهـا الخاصة، بما فيه مصعد صغير استخدمته أنا وفورتي مع رجل كبير السن يبدو باحثاً تحدث معه فورتي بدماثة ودّية، فيما كنا نصعد بالسرعة التي تترسب فيها الرسابة.

حـين رحل الرجل، قال لي فورتي: «إنه شخص ظريـف جداً يُدعى نورمان أمضى 42 سنـة وهو يدرس عيّنة واحدة مـن النبات،عشبة القديس جـون. استقال في عام 1989، ولكنه لا يزال يأتي كل أسبوع».

سألته: «كيف تُمضي اثنتين وأربعين سنة على عيّنة واحدة من النبات؟».

«هذا لافت للنظر، أليس كذلك؟»، وافق فورتي. فكّر للحظة. «إنه دقيق ومتأنٍّ جداً على ما يبدو». فُتح باب المصعد كي يكشف فتحة مسقوفة بالآجر. بدا فورتي مذهولاً.

قال: «هذا غريب جداً. كان هذا خاصاً بالنباتات». ضغط على زر إلى طابق آخر، ثم عثرنا على طريقنا أخيراً إلى النباتات عن طريق درج خلفي ومعبر جميل عبر المزيد من الأقسام، حيث كان الباحثون يعكفون على دراسة الأشياء التي كانت حية مرة. وهكذا تم تعريفي على (لين إليس) والعالم الهادئ للطحلبيّات.

حين قال إمرسون بشكل شاعري: إن الطحالب تفضّل الجوانب الشمالية من الأشجار (الطحلب الذي فوق لحاء الغابة، كان نجماً قطبياً حين كان الليل مظلماً) كان يعني في الحقيقة الأشنة، ذلك أنه في القرن التاسع عشر لم يكن يمُيّز بين الطحالب والأشنيات. فالطحالب الحقيقية لا يهمها كثيراً أين تنمو، وهكذا فهي ليست جيدة كبوصلات طبيعية. والواقع أن الطحالب ليست مفيدة في أي شيء. قال هنري س. كونراد، بحزن على الأرجح في كتاب كيف نعرف الطحالب وحشيشة الكبد الذي نُشر في عام 1956، ولا يزال يوجد على رفوف المكتبات بوصفه محاولة أولى لتعميم هذا الموضوع: «ربما لا توجد مجموعة كبيرة من النباتات لها فوائد تجارية واقتصادية قليلة كالطحالب».

إنها –على أي حال– غزيرة. إذا أزيلت الأشنيات، فإن الطحلبيات مملكة مشغولة، فيها أكثر من عشرة آلاف نوع محتوى داخل سبع مئة جنس. إن كتاب الأزهار الطحلبية في بريطانية وأيرلندة الضخم والمهيب الذي ألّفه إي.جي.إي سميث، يصل إلى سبع مئة صفحة، بالرغم من أن بريطانية وأيرلندة لا تكثر فيهما الطحالب. أخبرني لين إليس: «في المناطق الاستوائية تعثر على التنوّع». إنه رجل نحيل، عمل في متحف التاريخ الطبيعي مدة 27 عاماً وصار مدير القسم منذ 1990. «تستطيع الذهاب إلى أمكنة كالغابات المطرية في ماليزيا، وتعثر على تنوّعات جديدة بسهولة نسبية. فعلت ذلك بنفسي منذ مدة قصيرة. نظرتُ إلى الأسفل وكان هناك أنواع لم تُسجّل أبداً».

«وهكذا لا نعرف كم هناك من الأنواع التي لم تُكتشف بعد؟».

«كلا، ليست لدينا أدنى فكرة».

يمكن ألا تعتقدوا أنه سيكون هناك كثير من الأشخاص في العالم مستعدين كي يكرسوا حياتهم لدراسة شيء غير ذي أهمية، ولكن عدد المهتمين بالطحالب، في

الواقـع -يبلغ المئات ويمتلكون مشاعر قوية تجاه موضوعهم- أخبرني إليس: «آه، نعم، يمكن أن تصبح الاجتماعات حيوية جداً أحياناً».

سألته عن مثال عن الجدل.

«حسنــاً، هناك جدل سلطه علينا أحد أبناء بلدك»، قال وهو يبتسم بخفوت، وفتح مرجعـاً كبيراً يحتوي على رسوم للطحالب التي كانـت صفتها الأكثر بروزاً للعين غير المدربة، هي تشابهها الواضح مع بعضها بعضاً. قال وهو يشير إلى نبتة من الطحالب: «اعتـادت هـذه أن تكـون جنسـاً واحـداً، يدعىدريبانوكلادوس Drepanocladus. والآن أعيـد تنظيمـه في ثلاثـة: دريبانوكلادوس Drepanocladus، وأرنستورفيـا Warnstorfia، ومهماتاكوليس Hamatacoulis».

«وهل أدى هذا إلى لكمات؟» سألت بلمسة أمل ربما.

«حسنـاً، كان لـه معنى. معنى تام. ولكنه عنى أننا يجـب أن نقوم بكثير من إعادة ترتيـب المجموعـات، وجَعَلَ الكتب جميعاً دون فائدة لبعض الوقت، وهكذا كان هناك قليل من التذمّر».

تشكّل الطحالب ألغازاً أيضاً، كما أخبرني. وفي إحدى الحالات المشهورة للمهتمين بالطحالب جميعاً ، كان هناك نوع متقاعد يدعى هيوفيلا ستانفوردنسيس Hyophila stanfordensis، اكتُشف في حرم جامعة ستانفورد في كاليفورنية، وعثر عليه فيما بعد ينمـو إلى جانـب ممر في كورنوال، ولكن لم يُر في أي مـكان بينهما. كيف حدث ووُجد في مكانـين غير متصلين، أمر لا أحد يعرف عنه شيئـاً. قال إليس: «يعرف الآن باسم هينيديبيلا ستانفوردنسيس Hennediella stanfordensis. وهذا تنقيح آخر».

هززنا رأسينا مفكرين.

حـين يُعثر على طحلـب جديد يجب أن يُقارن مع جميـع الطحالب الأخرى؛ للتأكد من أنه لم يُسجّل من قبل. ثم يجب أن يُكتب وصف شكلي وتُلتقط صور وتُنشر النتيجة في مجلـة محترمة. ونـادراً ما تأخذ العملية كلهـا أقل من ستة أشهـر. لم يكن القرن

العشـرون قرناً عظيماً لعلـم تصنيف الطحالب. فقد كُرِّس عمـل القرن معظمه لحل الفوضى والتكرارات التي خلّفها القرن التاسع عشر.

كان هـذا العصر الذهبي لجمع الطحالب (يمكـن أن تتذكروا أن والد تشارلز ليل كان جامع طحالب عظيماً). وهناك شخص دعي بشكل مناسب بالإنكليزي، هو جورج هنـت، جمع الطحالـب الإنكليزية بمواظبة وربما أسهـم في انقراض عدة أنواع. ولكن بفضـل جهـود كهذه إن مجموعة (لين إليس) هي الأشمـل في العالم. إن عيناته البالغ عددها 780,000 ضُغطت في أوراق مطوية كبيرة من الورق الثقيل، بعضها قديم جداً ومغطـى بكتابة فكتورية تشبـه نسيج العناكب. إن كل ما نعرفه هـو أن روبرت براون، عـالم النبات الفكتـوري العظيم كتب بعضهـا، وكشف النقاب عـن الحركة البراونية ونواة الخلايا، وأسس وأدار قسم النبات في المتحف في سنواته الإحدى والثلاثين الأول إلى أن وافتـه المنية في عام 1858. حُفظـت العيّنات جميعها في خزن لامعة من خشب الماهوغاني الرائعة التي أشرت إليها.

«آه، هذه كانت للسير جوزف بانكس، من منزله في حي سوهو»، قال إليس تلقائياً، وكأنـه يشـير إلى عملية شـراء حديثة من إكيـا Ikea. «لقد بناها؛ كـي تحمل عيّناته مـن رحلة الإنديفور». نظر إلى الخزن مفكراً، وكأنـه ينظر إليها للمرة الأولى في مدة طويلة، وقال: «لا أعرف كيف وصلنا إليها في علم الطحالب».

كان هـذا كشفـاً مذهلاً. كان جـوزف بانكس أعظم عالم نبـات في بريطانية، وفي رحلـة الإنديفـور التـي رسم فيهـا القبطان كوك عبـور كوكب الزهـرة في عام 1769 وطالب بضم أسترالية إلى التاج، بين أمور كثيرة كانت أعظم رحلة نباتية في التاريخ. دفـع بانكـس 10,000 باوند، نحو 600,000 جنيه بنقود اليـوم؛ كي يشارك هو وفريق من تسعة أشخاص هم عالم طبيعي، وسكرتير، وثلاثة فنانين وأربعة خدم في المغامرة التي استمرت ثلاث سنوات حول العالم. لا أحد يعرف ما الذي فعله الكابتن كوك بتلك المجموعـة المدللة والمخملية، ولكن بدا كأنه أحب بانكس بما يكفي وأعجب بمواهبه في النباتات، وهذا شعور شاركته فيه الأجيال اللاحقة.

لم يحدث من قبل أن أنجز فريق نباتي انتصارات أعظم. وكان السبب في ذلك أن الرحلة شملت كثيراً من الأمكنة الجديدة المعروفة قليلاً تييرا ديل فويغو، وتاهيتي، ونيوزلندة، وأسترالية، وغينية الجديدة ولكن كان السبب الأهم في ذلك هو أن بانكس كان جامعاً ذكياً ومبتكراً. حتى حين لم يكن قادراً على النزول إلى شاطئ ريو دي جانيرو بسبب حجر صحي، غربل كمية من العلف لحيوانات السفينة وقام باكتشافات جديدة. لا شيء أفلت من انتباهه. أحضر معه ثلاثين ألف عينة من النباتات، وبينها 1400 لم تشاهد من قبل، ما يكفي كي يضيف الربع إلى عدد النباتات المعروفة في العالم.

ولكن مخزون بانكس الكبير كان جزءاً فحسب من الحمل الكلي فيما كان عصراً نهماً للجمع. إذ صار جمع النباتات في القرن الثامن عشر نوعاً من الهوس العالمي. وكان المجد والثروة على السواء ينتظران أولئك الذين يستطيعون العثور على أنواع جديدة، وذهب علماء النبات والمغامرون إلى أكثر المناطق بعداً؛ كي يشبعوا شهوة العالم للجدة الجنانيّة. إن توماس نوتال -الرجل الذي سمّى نبات الوستارية المتعرّش على اسم كاسبار ويستار- جاء إلى أمريكة عامل طباعة غير متعلّم اكتشف ولعه بالنباتات وكان يجتاز نصف البلاد ويعود ثانية، جامعاً مئات النباتات التي لم تُر من قبل. وأمضى جون فريز -الذي سُمي التنّوب (فريزر فير) على اسمه- سنوات في البرية يجمع لصالح كاثرين العظيمة واكتشف أن القيصر الروسي اعتقد أنه مجنون ورفض أن يصادق على عقده. أخذ فريزر كل شيء إلى تشيلسي، حيث افتتح داراً للحضانة النهارية وحقق دخلاً جيداً من بيع أزهار الرهودودندرونز rhododendrons، الأزاليّة والمنغوليا ونبات فرجينيا المتسلق وزهرة النجمة وغرائب أخرى كولونيالية لأبناء الطبقة العليا المسرورين.

كان من الممكن جمع مبالغ كبيرة عبر الاكتشافات المناسبة. فقد أمضى عالم النبات الهاوي جون ليون عامين صعبين وخطرين في جمع العيّنات، ولكنه حصل على ما يعادل 125,000 باوند مقابل جهوده. وقد فعل كثيرون هذا لمجرد حب النباتات فحسب. ومنح نوتال في النهاية معظم ما اكتشفه لحدائق ليفربول النباتية. وفي النهاية أصبح مدير حديقة هارفارد النباتية، ومؤلف موسوعة أجناس نباتات أمريكة الشمالية (الذي لم يكتبه فحسب وإنما نضّده أيضاً).

كانـت هذه نباتات فحسـب. كان هناك أيضاً الحياة الحيوانيـة للعوالم الجديدة: الكناغـر، والكيـوي، والراكـون، والهر البري والبعوض وأشكال أخـرى غريبة خارج التصور. كان حجم الحياة على الأرض لانهائياً على ما يبدو، كما قال جوناثان سويفت في بعض الأسطر الشهيرة:

وهكذا يرصد علماء الطبيعة برغوثاً

تتغذى عليه براغيث أصغر

وهناك أخرى أصغر تتغذى على هذه

وهكذا تمضي الأمور إلى ما لا نهاية.

كانـت هذه المعلومـات الجديدة جميعها بحاجة إلى تصنيـف وترتيب ومقارنة بما كان معروفـاً. كان العالم متلهفاً لوضع منهج تصنيف قابل للعمل. ولحسن الحظ كان هناك رجل في السويد مستعدٌ لتقديمه.

كان اسمـه كارل ليني (تغيّر فيما بعد -بإذن- إلى الاسم الأكثر أرستقراطية فون ليني)، ولكنه يُذكر الآن بالصيغة اللاتينية كارولس لينيوس. ولد عام 1707 في قرية راسهولت في جنوب السويد، ابناً لراعي أبرشية لوثري فقير وطموح، وكان طالباً كسولاً بحيـث إنّ والده الغاضب مرّنه لدى إسكافيّ. خائفاً من احتمال قضاء حياته وهو يدق المسامـير في الجلد، توسّل الصغير ليني من أجل فرصة أخرى، فمُنحت له، ولم يتعثر بعـد ذلك أبداً في التميز الأكاديمـي. درس الطب في السويد وهولندة، بالرغم من أنه صار مولعاً بالعالم الطبيعي. وفي أوائل ثلاثينيات القرن التاسع عشر، وكان لا يزال في العشرينيـات من عمره، بدأ بإنتـاج كتب شارحة عن نباتات العالم والأنواع الحيوانية، مستخدماً منهجاً من استنباطه هو، ونمت شهرته بالتدريج.

نـادراً ما كان هناك رجل أكثر ارتياحـاً في عظمته. أمضى كثيراً من أوقات فراغه وهـو يغـالي في تصوير نفسه وإطرائها، معلناً أنـه «لم يكن هناك عالم نبات أو حيوان أعظم منه»، وأن منهجه في التصنيف كان «أعظم إنجاز في حقل العلم». وبوقار، اقترح أن شاهدة قبره يجب أن تحمل نقش «أمير علماء النبات» Princeps Botanicorum.

ولم يكـن من الحكمــة أبداً التشكيك بتقويماتــه الذاتية الكريمة. أولئــك الذين فعلوا هكذا كانوا عرضة لاكتشاف أن أعشاباً سُمِّيَتْ باسمهم.

كانت صفة لينيبوس الأخرى المدهشة هي انشغال ثابت أحياناً محموم بالجنس. كان مدهوشاً خصوصاً من التشابه بين أنواع معينة من ذي المصراعين* وفرج المرأة. ومنح لأجزاء من نوع واحـد من البطلينوس أسماء كالفرج، والشّفْر، والعانة والشَّرج وغشاء البكارة. وصنّف النباتات بحسب طبيعة أعضائها التناسلية ومنحها بعداً غرامياً بشرياً آسـراً. إن وصفه للأزهار وسلوكها مملوء بالإشـارات إلى «جماع إباحي»، «والعاهرات غير الممتعات»، و«السرير الزوجي». وفي الربيع كتب نصاً غالباً ما يُقتبس:

«حتـى النباتات تعشق. فهي، ذكـوراً وإناثاً... تكشف عـن أعضائها التسافدية... مظهـرة أيّها ذكور وأيها إناث. تقدّم أوراق الأزهــار سرير الزفاف الذي رتّبه الخالق بتناسق عظيـم، وعطّره بكثير من العطور الخفيفة بحيث إنّ العريس يمكن أن يحتفل هنــاك مـع عروسه ويتسافـدا بوقار أعظم. حين يكـون السرير مجهّـزاً هكذا، يحين الوقت للعريس كي يعانق محبوبته ويسلّم نفسه إليها».

سمّـى جنسـاً من النبات باسم البظـر Clitoria. ومن غير المفاجـئ أن كثيراً من النـاسـ ظنّوه غريب الأطوار. ولكن منهجـه في التصنيف كان لا يُقاوم. وقبل لينيبوس مُنحـت النباتات أسماء كانت وصفية بشكل واسع. فالكرز الأرضي الشائع كان يُسمّى Physalis amno ramosissime ramis angulosis glabris foliis dentoserratis. جعلـه لينيبوس Physalia angulata، وهـو الاسم الذي يستخدمـه اليوم. كان عالم النبـات يتّسم بالفوضى والتناقض في الأسمـاء. ولم يكن بوسع عالم النبات التأكد أن Rosa sylvestris alba cum rubore, folio glabro لم تكن النبتة نفسها التي دعاها آخـرون Rosa sylvestris inodora seu canina. حـلّ لينيبوس اللغز عبر تسميتها Rosa canina. ولجعل عمليات الشطب هذه دقيقة ومقبولة للجميع كان الأمر يقتضي أكـثر بكثير مـن كون المرء مصممـاً. كان الأمر يحتـاج إلى غريـزة، إلى عبقرية، في الحقيقة لتحديد الصفات البارزة لنوع.

* حيوان رخوي كالمحار أو البطلينوس ذو صدفة تتألف من جزأين يُعرفان بـ «المصراعين».

لم يكـن منهج لينيوس مكتملاً، بحيث يجعلنا لا نفكر ببديل، ولكن قبل لينيوس، كانـت مناهج التصنيف نزوية بشـكل كبير. يمكن أن تُصنّف الحيوانات وفق إن كانت بريـة أو أليفـة، وبرية أو مائيـة، وكبيرة أو صغيرة، حتـى لو اعتُقد أنهـا أنيقة ونبيلة أو دون أهميـة. رتّـب بفون Buffon حيواناته عن طريـق منفعتها للإنسان. ولم تدخل الاعتبـارات التشريحيـة في الموضوع إلا نادراً. وجعل لينيوس عمل حياته أن يصحّح هـذا النقص عن طريق تصنيف كلّ ما هو حيّ بحسـب مواصفاته الجسدية. إن علم التصنيف لم ينظر إلى الخلف أبداً.

استغـرق كل هذا وقتاً، بالطبع. كانت الطبعـة الأولى لكتابه العظيم نظام الطبيعة التي صدرت في 1735 مؤلفة من أربع عشرة صفحة فحسب. ولكنه ازداد تدريجياً، إلى أن وصل في الطبعة الثانية عشرة آخر طبعة رآها لينيوس قبل وفاته إلى ثلاثة مجلدات و2,300 صفحـة. وفي النهاية، سمّى وسجّل ثلاثة عشر ألف نوع من النبات والحيوان. كان هناك أعمال أخرى أكثر شمولاً كتاب جون ري المؤلف من ثلاثة مجلدات، التاريخ الطبيعي للنبات Historia Generalis Plantarum في إنكلترة –الذي أُكمل قبل جيل– غطّـى مـا لا يقلّ عـن 18,625 نوعاً من النبـات. ولكن ما كان يتسم بـه لينيوس ولم يستطـع أحد تحقيقه كان الانسجـام والترتيب والبساطة والتوقيـت. وبالرغم من أن عملـه يعود إلى ثلاثينيات القرن الثامن عشـر، لم يشتهر في إنكلترة حتى الستينيات، تماماً في الوقت المناسب لجعل لينيوس أباً لعلماء الطبيعة البريطانيين. ولم يتم تبني منهجـه في أي مـكان بحماس أكبر (ولهـذا السبب يقع مقر الجمعيـة اللينيوسية في لندن وليس في ستوكهولم).

لم يكـن لينيوس دون أخطاء. منح مجالاً للوحوش الأسطورية و«لبشر متوحّشين»، وقبـل الوصف الساذج لبحارة ومسافرين آخرين واسعـي المخيلة. فقد ذكر أن هنـاك إنسانـاً برياً يسير علـى أربع ولا يتقن فن الكلام، وهناك «الإنسان الذي له ذيل». كان العصر آنذاك –كما يجب ألا ننسى– أكثر سذاجة. فحتى جوزف بانكس العظيم صدق وجـود حوريات الماء مقابل الساحـل الأسكتلندي في نهاية القرن الثامن عشر. غير أن أخطاء لينيوس كان يقابلها علم تصنيف عقلاني ومتألق. وبين إنجازات أخرى، رأى

أن الحيتـان تُصنّف مـع الأبقار والفئران وحيوانات أخرى برية مألوفة في رتبة رباعية الأرجل (غُيّرت فيما بعد إلى الثدييات)، وهذا لم يفعله أحد من قبل.

في البدايـة، نـوى لينييوس أن يمنح كل نبتة اسم جنـس ورقماً اللبلاب 1، اللبلاب 2 وهكـذا دواليـك، ولكنه أدرك حـالاً أن هذا غير مُرضٍ، ثم لجـأ إلى الترتيب ثنائي التسميـة (الذي يشـير إلى الجنس وإلى النوع) الذي بقـي في قلب المنهج حتى اليوم. وكان الهـدف من هـذا في البداية هو استخـدام منهج التسمية الثنائيـة من أجل كل شـيء: الصخور والمعادن والأمراض والرياح وكل ما وُجد في الطبيعة. لم يقبل الجميع هـذا المنهج. تضايق كثـيرون من ميله إلى قلّة الاحتشام، ممـا كان ينطوي قليلاً على مفارقـة بما أنه قبـل لينييوس كانت الأسماء الشائعة لكثير مـن النباتات والحيوانات سوقيـة حقاً. كانت الهندباء البرية معروفة لوقت طويل وبشكل مشهور باسم بيسابيد بسبـب مواصفاتهـا المدرّة للبول، وكان مـن الأسماء الأخرى المتداولـة في الاستخدام اليومـي: ضُراط الفرس، السيدات العاريـات، الخصيتان المرتعشتـان، بول الكلب، الشـرج المفتوح ومنديل المؤخـرة. إن واحداً أو اثنين من هـذه الألقاب الأرضية يمكن أن يبقيا في الإنكليزية بشكل غير متعمد. فاسم «شعر العذراء» الذي يشير إلى كُزبرة البئر (نوع من السرخسيات) لا يشير إلى الشعر على رأس عذراء. على أي حال، شُعر لوقـت طويـل أن العلوم الطبيعية ستُحترم وتُقدّر من خـلال جرعة من إعادة التسمية الكلاسيكيـة، وهكذا فقـد كان هناك مقت معيّن في اكتشـاف أن الشخص الذي عيّن نفسه أميراً لعلم النبات استخدم تسميات مثل البظر والزنا، والفرج.

مع مرور الأعوام، تم إسقاط معظم هذه الأسماء: إن اسم slipper limpet الشائع لا يـزال يعبّر في المناسبـات الرسمية عـن Crepidula fornicate وتم إدخال كثير من عمليـات الصقل بعد أن صارت حاجـات العلوم الطبيعية أكـثر تخصّصاً. وتم تدعيم المنهج بالإدخال التدريجي لتراتبيـات إضافية. واستخدم العلماء الجنس والنوع لأكثر من مئة عام قبل لينييوس، ودخلت الرتبة والطائفة والفصيلة، بمعناها البيولوجي، إلى الاستخدام في خمسينيات القرن التاسع عشر وستينياته. ولكن الشّعبة لم تنحت ككلمة حتـى 1876 (على يد الألمـاني إرنست هايكـل)، وعوملت الفصيلـة والرتبة كقابلتين

للتبادل حتى أوائل القرن العشرين. واستخدم علماء الحيوان لبعض الوقت الفصيلة، حيث استخدم علماء النبات الرتبة، مما سبب التشوش لدى الجميع أحياناً*.

قسم لينييوس العالم الحيواني إلى ست فئات: الثدييات والزواحف والطيور والأسماك والحشرات والديدان، لكل مالم يتلاءم مع الأقسام الخمسة الأولى. ومن البداية كان واضحاً أن وضع الكركدن والقريدس في الفئة نفسها مع الديدان لم يكن مرضياً، وتم إنشاء فئات متنوعة كالرخويات والقشريات. ولسوء الحظ لم تكن هذه التصنيفات الجديدة تطبق بشكل مشترك بين بلد وآخر. وفي محاولة لإعادة تأسيس النظام، وضع البريطانيون عام 1842 مجموعة جديدة من القوانين دعيت قوانين ستريكلاند، ولكن الفرنسيين اعتبروا هذا اعتباطياً وجابهته جميعة الحيوان بقوانينها المضادة. في غضون ذلك، قررت جمعية الطيور الأميركية، لأسباب غامضة، استخدام طبعة عام 1758 من كتاب نظام الطبيعة كأساس لكل تسمياتها، بدلاً من طبعة 1766 المستخدمة في أمكنة أخرى، مما عنى أن معظم الطيور الأميركية أمضت القرن التاسع عشر موضوعة في أجناس مختلفة عن أبناء عمومتها من الطيور الأوروبية. بدأ علماء النبات أخيراً يظهرون روح تسوية ويتبنون قوانين كونية في عام 1902، وفي اجتماع للمجلس العالمي لعلم الحيوان.

يُوصف علم التصنيف أحياناً بأنه علم وأحياناً بأنه فن، ولكنه في الواقع ساحة معركة. وحتى اليوم ثمة فوضى في المنهج أكثر مما يدرك معظم الناس. خذوا فئة الشعبة، القسم الذي يصف الخطط الجسدية الأساسية للمتعضيات. إن بعض الشعب معروفة جيداً بشكل عام كالرخويات (منزل البطلينوس والحلازين)، المفصليات (الحشرات والقشريات) والحبليّات (كلنا وكل الحيوانات التي بعمود فقري أو عمود فقري أوليّ)؛ بعد ذلك تتحرك الأشياء بسرعة نحو الغموض. وبين الغامض يمكن أن

* من أجل الإيضاح، إن البشر هم في حقل اليوكارايا eucarya، وفي مملكة الحيوان، وفي شعبة الحبليّات، وفي الشعبة الفرعية للفقاريات، وفي فصيلة الثدييات، وفي رتبة الحيوان الرئيس، وفي فصيلة البشريّات، ومن جنس الإنسان، ومن نوع العاقل. (وقيل لي: إن التقليد المتّبع هو وضع أسماء الجنس والنوع في المائل، ولكن ليس تلك التي من أقسام أعلى). ويوظّف بعض علماء التصنيف المزيد من التقسيمات الفرعية: الفئة، والرتبة الفرعية، وما تحت الرتبة وغير ذلك.

نسجّل الجناثوستومولیدا gnathostomulida (الديدان البحرية)، اللواسع (قناديل البحر، ورئات البحر، وشقيق البحر والمرجان) والبريابوليدا Priapulida (أو الديدان القضيبية الصغيرة). وسواء كانت معروفة أم لا، فإن هذه تقسيمات جوهرية. ومن المفاجئ أن هناك القليل من الاتفاق حول كم هناك من الشُّعب وكم يجب أن يكون. ويثبت معظم علماء البيولوجيا العدد الكليّ في نحو الثلاثين، ولكن بعضهم يؤثرون عدداً منخفضاً هو عشرون بينما يرفع إدوارد أو. ولسون في كتابه تنوّع الحياة العدد بقوة مفاجئة إلى 89. وهذا يعتمد على إن قررت أن تقوم بتقسيماتك، سواء كنت جامعاً من غير تمييز أو مصنّفاً تقسيمياً كما يقولون في عالم البيولوجيا.

إن احتمالات الخلاف أكثر حدة على المستوى العملي اليومي الأكبر للأنواع. فكل نوع من الأعشاب يُدعى إجيلبوس إنكورفا Aegilops incurva، إجيلبوس إنكورفاتا Aegilops incurvata، أو أرجيلوبس أوفاتا Argilops ovata يمكن ألا يشكل مسألة تثير كثيراً مشاعر غير علماء النبات، ولكنها يمكن أن تكون مصدراً لحرارة حيوية جداً في الأمكنة الملائمة. والمشكلة هي أن هناك خمسة آلاف نوع من العشب ويبدو كثير منها متشابهاً بشكل كريه حتى بالنسبة للمختصين بالأعشاب. عُثر أخيراً على بعض الأنواع وسمّيت على الأقل عشرين مرة، وبالكاد هناك أي منها -كما يبدو- لم يُحدد بشكل مستقل على الأقل مرتين. إن كتيب أعشاب الولايات المتحدة المؤلف من جزأين يكرس 200 صفحة لتحديد المترادفات، كما يشير عالم البيولوجيا إلى تكراراته غير المقصودة ولكن الشائعة جداً. وهذا فقط بالنسبة لأعشاب بلاد واحدة.

ومن أجل التعامل مع الخلافات على المسرح العالمي هناك هيئة تُعرف باسم الجمعية العالمية لعلم تصنيف النباتات تفصل في مسائل الأسبقية والتكرار. وفي أوقات فاصلة تصدر مرسومات معلنة أن زوستشينريا كاليفورنيكا Zauschneria californica (نبتة شائعة في الحدائق الصخرية) يجب أن تُعرف من الآن فصاعداً باسم إبلوبيوم كانم Epilobium canum؛ أو أن ألاأوثامنيون تنويسيمم Alaothamnion tenuissimum يمُكن أن تُعدّ الآن من النوع نفسه من أجلاأوثامنيون بايسويدس Aglaothamnion byssoides، ولكن ليس من أجلاأوثامنيون سيدوبايسويدس

Aglaothamnion pseudobyssoides. كانت مسائل صغيرة في الترتيب لا تجذب إلا انتباهاً قليلاً، ولكن حين تتعلق بنباتات الحديقة المحبوبة، يتبع ذلك صرخات الغضب بشكل محتوم. وفي أواخر الثمانينيات تم طرد اسم الأقحوان (على أسس علمية قوية على ما يبدو) من الجنس الذي بالاسم نفسه، ونفي إلى العالم الرتيب وغير المرغوب لجنس الدندرانثيما Dendranthema.

إن زارعي الأقحوان عديدون جداً وفخورون، واحتجوا ضد لجنة البزريّات التي لم تبدُ لهم دقيقة. (هناك أيضاً لجان لكل من السرخسّيات والطحلبيات والفطريات، وكلها ترفع تقارير إلى مدير تنفيذي يدعى المقرّر العام: وهذه في الحقيقة مؤسسة تستحق الرعاية). وبالرغم من أن قواعد منظومة الأسماء من المفترض أن تُطبّق بصرامة، فإن علماء النبات ليسوا غير مبالين بالمشاعر، وفي عام 1995 عُكس القرار. وأنقذت أحكام أخرى البطونيّة والأوفونيموس، ونوع مشهور من الأمارلس منخفض الرتبة، ولكن لم تنقذ أنواع كثيرة من إبرة الراعي، نُقلت منذ بضع سنوات –وسط الصيحات– إلى الجنس الغرنوقيّ. ولقد مُسحت النزاعات بشكل مسلٍّ في كتاب تشارلز إليوت «أوراق المساكب».

يمكن العثور على نزاعات وترتيبات جديدة من النمط نفسه في الحقول الأخرى كلها للأحياء، وهكذا فإن حفظ سجل كامل ليس دقيقاً تقريباً كما يمكن أن تفترضوا. ومن الحقيقة المذهلة أننا لا نمتلك أدنى فكرة «عن أقرب ترتيب مهم»، كما عبّر إدوارد أو. ولسون لعدد الأشياء التي تعيش على كوكبنا. وتتسلسل التقديرات من ثلاثة ملايين إلى مئتي مليون. والأكثر غرابة، بحسب تقرير نُشر في مجلة الإكونومست هو أن 97% من أنواع النبات والحيوان في العالم يمكن أنها لا تزال تنتظر الاكتشاف.

ومن المتعضيات التي نعرف عنها، هناك 99 من 100 موصوفة بشكل غامض هزيل فحسب. ويصف ولسون حالة معرفتنا كالآتي: «اسم علمي، وحفنة من العيّنات في متحف، وبعض أسطر الوصف في المجلات العلمية». وفي كتاب تنوّع الحياة، قدّر عدد الأنواع المعروفة من الأنماط جميعها: النباتات والحشرات والميكروبات والأشنيات،

وكل شــيء بــ 1.4 مليون، ولكنه أضــاف إن هذا تخمين فحســب. ووضع علماء آخرون عــدد الأنواع المعروفة أعلى من ذلك بشكل ضئيل، نحو 1.5 مليون أو 1.8 مليون، ولكن ليس هناك سجل مركزي لهذه الأمور، وهكذا لا مكان لفحص الأرقام. باختصار، إن الموقع اللافت الذي نجد فيه أنفسنا هو أننا نجهل في الواقع ما نعرفه في الواقع.

مــن حيــث المبــدأ، ينبغي أن تكونــوا قادرين علــى الذهاب إلى خــبراء في حقول التخصــص جميعهــا، وتسألــوا كــم هنــاك مــن الأنــواع في ميادينهم، ثــم اجمعوا المحصلات. فعل كثير من الناس هذا. ولكن المشكلة هي أنه من النادر أن يأتي اثنان برقمــين متطابقين. وترى بعض المصــادر أن عدد الأنمــاط المعروفة من الفطريات سبعــون ألفاً، ويرى آخرون أنها مئــة ألف، وهذا ضعف العدد تقريباً. يمكنكم العثور علــى تأكيــدات واثقة بأن عــدد أنواع دودة الأرضــ الموصوفة هو أربعــة آلاف، وعلى تأكيــدات أخــرى مشابهــة بأن العدد هــو اثنا عشر ألــف. بالنسبة للحشــرات، فإن العدد يــتراوح بين 750,000 و950,000 نوع. وهذا كما هــو مفترض العدد المعروف للأنواع. فبالنسبة للنباتات إن الأعداد المعروفة بشكل مشترك تتراوح بين 248,000 و265,000. يمكــن ألا يبــدو هــذا فرقاً كبــيراً، ولكنــه أكبر بعشرين مــرة من عدد النباتات المزهرة في أمريكة الشمالية كلها.

إن ترتيب الأشياء ليس أسهل المهمات. ففي أوائل الستينيات، بدأ كولن جروفز من الجامعــة الأستراليــة القومية مسحاً منهجياً لمئتين وخمسين نوعــاً إضافياً من الأنواع المعروفــة مــن الحيوانات الرئيســة*. وتبيّن في غالــب الأحيان، أن الأنــواع نفسها قد وُصفت أكثر من مرة وأحياناً عدة مرات دون أن تعرف أي من الاكتشافات أنها تتعامل مــع حيوان كان معروفاً من قبل بالنسبة للعلــم. واستغرق جروفز أربعة عقود كي يحل كل شيء، وكان هذا عبر مجموعة صغيرة نسبياً من الكائنات القابلة للتمييز بسهولة، والتــي هي عامة غير مثيرة للجــدل. ولا أحد يعرف ماذا ستكــون النتائج لو حاول أي شخصــ تمريناً مماثلاً مــع أنماط الأشنيــات المقدر عددها في العــالم بعشرين ألف نمط، وخمسين ألف نوع من الرخويات، أو أربع مئة ألف من الخنافس الإضافية.

* رتبة من الثدييات تشمل الإنسان والقرد والسعدان. المترجم.

ما هو مؤكد هو أن هناك كمية كبيرة من الحياة في الخارج، بالرغم من أن الكميات الحقيقيـة هي بالضرورة تستنـد إلى تقديرات استقرائيـة. وفي تجربة كانت معروفة جيداً في الثمانينيات قام تيري إروين من مؤسسة سميثونيان بإشباع جذع تسع عشرة شجـرة من أشجار الغابة المطريـة في بنما بضباب مضاد للحشـرات، ثم جمع كل ما وقـع في شباكـه من الظلة. وبين ما أخرجه وفي الواقع رفعـه؛ لأنه كرر التجربة فصلياً للتأكـد من أنه اصطـاد حشرات من الأنـواع المهاجرة 12 نوعاً مـن الخنافس. وعلى أساس توزع الخنافس في كل مكان، وعدد أنواع شجرية أخرى في الغابة، وعدد الغابات في العـالم، وعدد الأنمـاط الأخرى من الحشـرات، وهكذا دواليك علـى طول سلسلة مـن المتغايرات، وصل إلى رقم تقديري هو 30 مليون نـوع من الحشرات على الكوكب كلـه. وقال فيما بعد: إن هذا الرقم محافظ جداً. ووصل آخرون يستخدمون المعطيات نفسهـا أو معطيـات مشابهة إلى عـدد 13 مليوناً، أو 80 مليونـاً أو 100 مليون نوع من أنـواع الحشرات، مشددين أنه مهما كان الوصـول إلى أرقام كهذه يتوخى الدقة، فإن هذه الأرقام تدين إلى الافتراض أكثر مما تدين إلى العلم.

قالـت جريدة وول ستريت جورنال: إنه يوجد في العالم «نحو 10,000 عالم تصنيف نشيـط». وهـذا ليس بالعـدد الكبير حين تفكّرون كـم هناك من الأشيـاء التي يجب أن تُسجّل. ولكن الصحيفة أضافت: إنه بسبب الكلفة (نحو 1,250 جنيهاً لكل نوع) والعمل الورقي، نحو 15 ألف نوع فقط من الأنماط جميعها كانت تسجل كل عام.

«إنها ليست أزمة تنوّع حياتي، إنها أزمة علماء تصنيف»، قال كوين مايس، رئيس قسم الفقاريـات البلجيكـي المولد في متحـف كينيا القومي في نيروبي، الـذي التقيت به بشكل وجيز في خريف 2002. لم يكن هناك علماء تصنيف متخصّصون في إفريقية كلها، كما أخـبرني. «كان هنـاك واحد في ساحل العاج، ولكنني أعتقد أنـه استقال»، كما قال. بعد سبع سنوات في كينيا، لم يتم تجديد عقده. والسبب كما قال: «لا يوجد تمويل».

نشر عالم البيولوجيا البريطاني ج.إتش. جودفري قبل بضعة أشهر مقالاً في مجلة نيتشـر قال فيه: إن هنـاك «افتقاراً مزمناً للهيبة والمـوارد» بالنسبة لعلماء التصنيف في كل مـكان. ومن ثمّ، «هناك كثير من الأنواع التـي تُوصف بشكل فقير في منشورات

معزولــة، دون محاولــة عزو وحدة تصنيفيــة* جديدة للأنــواع والتصنيفات القائمة. فضلاً عن ذلك، إن معظم وقت علماء التصنيف يُنفق لا في وصف أنواع جديدة، وإنما في ترتيب القديمة. ويقول جودفري: إن كثيرين «يمضون كثيراً من حياتهم العملية في محاولة تأويل عمل واضعي المناهج في القرن التاسع عشر مفككين وصفهم المنشور غير الصحيح في غالب الأحيان، أو التجوال في متاحف العالم من أجل نمط من مادة تكون في وضـع بائس». ويشدد جودفري خاصــةً على غياب الانتبــاه إلى الإمكانية المنهجية التصنيفية للإنترنت. والواقع أن علم التصنيف لا يزال ورقياً بشكل غريب.

وفي محاولــة لنقل الأمور إلى القرن العشرين، أطلــق كيفن كيلي المؤسس المشارك في مجلــة وايرد في 2001 مشروعــاً يُدعى مؤسسة الأنواع جميعهــا بهدف العثور على المتعضيات الحيّة كلها وتسجيلها في قاعدة معطيات. قدرت كلفة مشروع كهذا من 1.3 بليون جنيه إلى 30 بليوناً. وفي ربيع 2002 لم يكن لدى المؤسسة سوى 750,000 وأربعة موظفين يعملون لوقت كامل.

إذا كان لدينــا -كمــا يوحي الرقم- مئة مليون نوع من الحشــرات التي لم تُكتشف بعد، وإذا استمرت نسب اكتشافاتنا بالسرعة القائمة، فسيكون لدينا محصلة محددة من الحشرات بعد أكثر من 15 ألف سنة بقليل. ويمكن أن تستغرق بقية عناصر المملكة الحيوانية وقتاً أطول.

وهكــذا لماذا لا نعرف سوى القليل الذي نعرفه؟ هنــاك من الأسباب بقدر ما هنــاك من الحيوانات التي تحتاج إلى الإحصاء، ولكن إليكم بعض الأسباب الرئيسة.

إن معظــم الأشيــاء الحيــة صغـيــرة وتُغفل بسهولة. بتعبير عملــي، هذا ليس شيئاً سيئــاً دومــاً. يمكن ألا تغفو بهدوء إذا كنت مــدركاً أن فرشتك موطن لمليوني ميكروب، يخرجون في ساعات مبكّرة جداً؛ كي يتعشّوا على زيوتك الدهنية، ويلتهموا تلك الندف الجلدية الهشّة التي تتخلص منها وأنت تنام وتهتز. إن مخدتك وحدها يمكن أن تكون موطنــاً لأربعين ألفــاً منها. (بالنسبة لهــا رأسك قطعة سكر كبــيرة مدهنة فحسب).

* أو الأصنوفة، الكلمة الرسمية لفئة حيوانية، كالشعبة أو الجنس. (والجمع أصانيف).

ولا يذهــبنّ بكــم الظنّ إلى أن غطاء مخدة نظيفاً سوف يحــدث فرقاً. فبالنسبة لشيء بوزن مخلوقات الفراش، فإن قماش أقوى نسيج بشري يبدو مثل حبال أشرعة السفينة وصواريهــا. وبالفعــل، إذا كان عمر مخدتك ست سنوات وهــذا معدل عمر المخدة فإن عشــر وزنها هو من «جلد منسلخ، ومخلوقات حيّة، ومخلوقات ميتة، وروث المخلوقات»، كمــا قال الرجل الذي قام بالقياس، الدكتور جون موندر من المركز الطبي البريطاني لعلــم الحشرات. (ولكن على الأقل إنها مخلوقاتــك. فكّروا من ماذا تقتربون في غرفة فندق*). كانت هذه المخلوقات معنا منذ زمن موغل في القدم، ولكنها لم تُكتشف حتى عام 1965.

إذا كانــت المخلوقات المرتبطة بنا بشكل حميمي مثــل مخلوقات الفراش قد غابت عــن انتباهنا حتى عصــر التلفاز الملّون، فليســ من المفاجئ أن معظم عــالم الأشياء المتناهية الصغر مجهول بالنسبة لنا. اخرجوا إلى الغابات؛ أي غابات انحنوا واغرفوا حفنــة من التراب، وستحملون عشرة بلايين بكتيريا، معظمها مجهول بالنسبة للعلم. ستحتوي عيّنتكم أيضاً على مليون من الخمائر الريّانة، وعلى مئتي ألف من الفطريات المشعــرة التــي تُعرف باسم العفن، وربما على عشــرة آلاف من البرزويات (والمعروف منهــا هو فقط الأميبــة)، ودولابيّات متناسقــة، وديدان عريضة، وديــدان مستديرة، ومخلوقــات أخرى متناهية الصغر تُعرف بشكل جماعــي باسم Cryptozoa. سيكون قسم كبير من هذه مجهولاً أيضاً.

إن الدليــل الأشمــل عــن المتعضيــات الميكروبية هــو كتيّب علــم البكتيريا المنهجي لبيرجــي، ويسجّل نحــو أربعة آلاف نوع مــن البكتيريا. وفي الثمانينيــات، جمع عالمان نرويجيان هما جوستين جوكسويــر Jostein Goksoyr وفيجديس تورسفيك Vigdis Torsvik، غراماً من تربة عشوائية من غابة على الشاطئ قرب مخبرهما في برجن، وحلّــلا بدقــة محتواها البكتــيري. اكتشفــا أن هذه العيّنــة الصغيرة تحتــوي على ما

* نحن في وضع أسوأ أحياناً في مسائل علوم الصحة. ويعتقد الدكتور موندر أن الاتجاه نحو المواد المنظفة للغسالات ذات الحرارة المنخفضة شجّعت على تكاثر الحشرات وكما يقول: «إذا غسلت ثياباً متسخة بدرجة حرارة منخفضة، فكل ما تحصل عليه هو قمل أنظف».

يـتـراوح بين أربعــة آلاف وخمسة آلاف نوع مــن البكتيريا المنفصلــة، أكثر مما في كل كتيّــب بيرجي. سافرا إلى موقــع ساحلي على بعد بضعة أميال، رفعــا غراماً آخر من الــتراب واكتشفا أنه يحتوي على ما يتراوح بين أربعة آلاف وخمسة آلاف نوع مختلف. وكما يقول إدوارد أو. ولسون: «إذا وُجد أكثر من 9,000 نوع من البكتيريا في مقدارين ضئيلــين من قاعدة من مكانين في النرويج، فكم ينتظــر الاكتشاف في أماكن مختلفة جذرياً؟» حسناً - بحسب أحد التقديرات - يمكن أن يكون العدد 400 مليون.

«لا نبحث في الأمكنة الصحيحة». يصف ولسون في كتاب «تنوّع الحياة» كيف أمضى أحــد علماء النبــات بضعة أيام يدور حــول 11 هكتاراً من الغابــة في بورنيو، واكتشف ألــف نوع جديــد من النبات المزهر، أكثر مما وُجد في أمريكــة الشمالية كلها. لم يكن مــن الصعب العثور علــى النباتات. وإنما الأمر هو أنه لم يبحــث هناك أحد من قبل. أخــبرني كوين مايس من المتحف القومي الكينــي أنه ذهب إلى غابة محجوبة بالغيوم -كما يطلق على الغابات الجبلية في كينيا- وبعد نصف ساعة «من النظر غير المدقق» عثر على أربعة أنواع جديدة من الدودة الألفية؛ ثلاثة تمثّل جنساً جديداً، ونوعاً جديداً من الشجر. قال: «شجرة كبيرة» ورفع ذراعيه كأنه سيرقص مع شريكة ضخمة جداً. ويُعــثر على الغابات المحجوبة بالغيوم على سطح تلال وتُعــزل أحياناً لملايين الأعوام. «إنها تقدّم المناخ الملائم للبيولوجيا وهي بالكاد قد دُرست»، كما قال.

بالمجمــل، إن الغابات المطريــة الاستوائية لا تغطي إلا 6% من وجه الأرض، ولكنها تــأوي أكثر من نصف حياتهــا الحيوانية وثلثي نباتاتها المزهــرة، ومعظم هذه الحياة مجهولــة بالنسبة لنا؛ لأن قلة مــن الباحثين يمضون الوقت فيهــا. وليس مصادفة أن كثــيراً من هذا يمكن أن يكون قيّماً. فعلى الأقــل 99% من النباتات المزهرة لم تُختبر أبــداً مــن أجل مواصفاتهــا الطبية. ولأنهــا لا تستطيع الهرب مــن المدمرين كان على النباتات أن تطوّر دفاعات كيميائية، وهكذا فهي غنية جداً بالمركبات المخادعة. وحتى الآن، إن ربــع كل الدواء الموصوف تقريباً مشتق مــن أربعين نبتة فحسب، ويأتي 16% من حيوانات أو ميكروبات، وهكذا فإن قطع كل هكتار من الغابة يؤدي إلى خطر فقدان إمكانيات طبية حيوية. وقد استخدم علماء الكيمياء منهجاً يُدعى الكيمياء التوافقيّة

مكّنهـم من توليد 40,000 مركّب مرة في مخبر، ولكن هذه المنتجات عشوائية وليست بطريقة غير مألوفة دون فائدة، بينما أي جزيء طبيعي سيمرّ سابقاً فيما دعته مجلة الإكونومست «برنامج النخل: أكثر من ثلاثة بلايين ونصف سنة من التطور».

ليس البحث عن المجهول مجرد مسألة سفر إلى أمكنة بعيدة. في كتابه (الحياة: سيرة غير مصادق عليها)، تحدث رتشارد فورتي عن بكتيريا قديمة عُثر عليها على جدار مقهى ريفي «حيث كان الرجال يبولون لأجيال». ويبدو أن هذا الاكتشاف ينطوي على كميات نادرة من الحظ والإيمان، وربما على صفة أخرى غير محددة.

لا يوجد ما يكفي من المختصين. إن ذخيرة الأشياء التي ستكتشف وتُفحص وتُسجّل تتجاوز بكثير عدد العلماء المتوافرين للقيام بذلك. خذوا المتعضيات القوية والمعروفة قليلاً التي تُدعى bdelloid rotifers. وهذه حيوانات ميكروسكوبية تستطيع أن تنجو تقريباً من أي شيء. حين تكون الظروف قاسية، تتكور في شكل مضغوط، تطفئ استقلابها وتنتظر وقتاً أفضل. في هذه الحالة، بوسعك أن ترميها في الماء المغلي أو تجمدها إلى درجة الصفر المطلق المستوى الذي تستسلم فيه حتى الذرات، وحين ينتهي هذا العذاب وتعود إلى بيئة ملائمة فإنها تتفتح وتتحرك وكأن شيئاً لم يحدث. وحتى الآن، تم تحديد نحو 500 (بالرغم من أن مصادر أخرى تقول 360)، ولكن لا أحد يمتلك أي فكرة – حتى بعيدة – كم يمكن أن يوجد منها. وكل ما عرف عنها طوال سنوات هو بفضل العمل المخلص الدؤوب لرجل الدين اللندني ديفد برايس الذي درسها في أوقات فراغه. يمكن العثور عليها في أنحاء العالم كله، ولكن يمكن أن يكون لديك المتخصصون جميعاً في bdelloid rotifer على العشاء، ولن يكون عليك استعارة الصحون من الجيران.

إن مخلوقات مهمة وكلية الحضور كالفُطريات لا تشد إلا انتباهاً نسبياً. توجد الفطور في كل مكان وتنمو في أشكال مختلفة كفطور وعفن، وعفن فطري وخمائر وفطر نفّاث (فقع الذئب)، هذا إذا سمّينا عيّنة فحسب وهي تعيش في أحجام قليلاً ما يشتبه بها معظمنا. اجمعوا كل الفطريات التي يُعثر عليها في هكتار عادي من المروج، وستحصلون على 2,800 كيلوغرام من المادة. ليست هذه متعضيات هامشية. فدون

الفطور لن يكون هناك آفة البطاطس، وداء الدّردار الهولندي، وقدم الرياضي*، ولكن أيضاً لن يوجد أي لبن أو بيرة أو أجبان. إن نحو سبعين ألف نوع من الفطريات تم تحديدها، ويُعتقد أن العدد الكليّ 1.8 مليون. يعمل كثير من علماء الفطريات في الصناعة، يصنعون الأجبان والألبان وأموراً أخرى مشابهة، وهكذا من الصعب القول: كم منهم منخرط بنشاط في البحث! ولكن نستطيع القول بأمان: إن هناك أنواع فطريات لم تُكتشف، أكثر مما هناك أشخاص للعثور عليها.

إن العالم مكان كبير في الحقيقة.. خُدعنا بسهولة السفر جواً وبأشكال أخرى من الاتصال مما جعلنا نفكّر بأن العالم ليس بهذا الكبر. إنه كبير جداً ومملوء بالمفاجآت ولكن على مستوى الأرض، حيث يجب أن يعمل الباحثون. إن الأكاب، أقرب حيّ إلى الزرافة يعرف الآن أنه يوجد في أعداد كبيرة في الغابات المطرية لزائير، يقدر العدد الكلي بثلاثين ألفاً على الأرجح، مع ذلك لم يشتبه بوجوده حتى القرن العشرين. وافترض أن طير نيوزلندة الضخم الذي لا يطير، الذي يُدعى تاكاهي منقرض مدة مئتي عام قبل أن يُعثر عليه حياً في منطقة وعرة المسالك في جزيرة البلاد الجنوبية. وفي 1955 ضاع فريق من العلماء الفرنسيين والبريطانيين في التيبت، في عاصفة ثلجية في قرية بعيدة. عثروا على نسل من الأحصنة، يُدعى الريوتشي، الذي لم يكن يُعرف سابقاً إلا من الرسوم الكهفية ما قبل التاريخية. ودُهش سكان الوادي حين علموا أن الحصان يُعد نادراً في العالم الأوسع.

يعتقد بعضهم أن مفاجآت أكبر تنتظرنا. قالت مجلة الإكونومست في عام 1995: «إن عالم بيولوجيا وعلم أعراق إنكليزي يعتقد أن البهاضم megatherium، وهي نوع من كسلان أرضي عملاق يبلغ طوله طول الزرافة... يعيش في حوض الأمازون الواسع». ربما لم تسمّ المجلة عالم الإثنوبيولوجيا لسبب مهم؛ وربما الأهم هو أنه لم يُسمَع عنه أو عن حيوانه الضخم الذي يُدعى الكسلان أي شيء. على أي حال، لا أحد يستطيع القول بشكل تصنيفي: إنه لا يوجد شيء كهذا هناك إلى أن يتم تفتيش كل فرجة في الغابة، ونحن بعيدون جداً عن فعل هذا.

---

* مرض جلدي معدٍ يصيب الأقدام، ناشئ عن فطر ينمو في السطوح الرطبة. المترجم.

لكن حتى لو جمعنا آلافاً من العمال الميدانيين وأرسلناهم إلى أبعد الزوايا للعالم، فلن يكون هذا جهداً كافياً، إذ أينما تستطيع الحياة أن تكون، تكون. إن خصوبة الحياة الفائقة للعادة مذهلة، ومشبعة، ولكنها إشكالية أيضاً. ومن أجل مسحها كلها، عليكم أن تقلبوا الصخور جميعها، وأن تنخلوا عبر مهاد أرضية كل غابة، وتغربلوا كميات لا يُمكن تخيّلها من الرمل والتراب، وتتسلقوا فوق كل ظل غابة وتستنبطوا كثيراً من الطرق الفاعلة لفحص البحار. وعندئذ سوف تهملون حتى الأنظمة البيئية. في الثمانينيات دخل مستكشفو كهوف ناضجون كهفاً عميقاً في رومانية حجب عن العالم الخارجي مدة طويلة مجهولة، وعثروا على ثلاثة وثلاثين نوعاً من الحشرات والمخلوقات الأخرى الصغيرة العناكب وأم أربع وأربعين وقمل وكلها عمياء، بلا لون وجديدة بالنسبة للعلم. كانت تعيش على مبعدة من الميكروبات في القذارة السطحية للبرك، والتي كانت بدورها تتغذى على كبريتيد الهيدروجين من الينابيع الحارة.

ربما كان ميلنا إلى القول باستحالة رصد كل شيء محبطاً ومخيّباً ومرعباً، ولكن يُمكن أن يُنظر إليه أيضاً على أنه مثير بشكل لا يُحتمل تقريباً. نحن نعيش على كوكب يمتلك قدرة لانهائية على المفاجأة. أي إنسان عاقل يمكن أن يريده بأي طريقة أخرى؟.

إن ما هو فاتن أكثر من غيره في فحص المناهج المبعثرة للعلم الحديث، هو إدراك كم من الناس كانوا يريدون تكريس حياة بأكملها لخطوط البحث الحصرية الأكثر سخاء. روى (ستيفن جي جولد) في أحد مقالاته، كيف أن بطلاً من أبطاله اسمه هنري إدوارد كرامبتون أمضى خمسين سنة -من 1906 إلى أن توفي في 1956- يدرس بهدوء جنساً من الحلزونات الأرضية يدعى بارتولا في بولينيزيا. مرة بعد أخرى، سنة بعد سنة، قاس كرامبتون إلى أدنى درجة إلى عدة أمكنة عشرية الثنيّات والأقواس والانحناءات الرقيقة للبارتولا التي لا تُحصى، وجمع النتائج في جداول مفصّلة شديدة التدقيق. إن سطراً واحداً من النص في جدول كرامبتون يمكن أن يستغرق أسابيع من القياسات والحساب.

كان الشخص الذي كرّس وقته أقل من غيره بقليل، ولكن الذي قام بعمل مفاجئ هو ألفرد سي. كنسي، الذي صار مشهوراً بسبب دراساته للجنس عند البشر في

الأربعينيات والخمسينيات. وقبل أن يمتلئ ذهنه بالجنس، كان كنسي عالم حشرات، وواحداً مثابراً في هذا. ففي رحلة واحدة استمرت عامين، سار على قدميه 4,000 متر؛ كي يجمع مجموعة من ثلاث مئة ألف دبّور. ولم يسجل عدد العضات التي تعرض لها.

كان الشيء الذي يحيّرني هو مسألة ضمان سلسلة متعاقبة من العلماء في هذه الميادين الملغزة. ومن الواضح أنه لا يمكن أن يكون هناك كثير من المؤسسات في العالم تتطلب إخصائيين أو مستعدة لدعم متخصصين في برنقيل وحلزونات المحيط الهادي. قبل أن نفترق في متحف التاريخ الطبيعي في لندن، سألت رتشارد فورتي كيف يضمن العلم أنه حين يذهب شخص فإن هناك شخصاً ما جاهزاً؛ كي يحل محله.

ابتسم بمودة من سذاجتي: «أخشى أنه ليس لدينا بدائل يجلسون على المقعد في مكان ما ينتظرون النداء للعب. حين يستقيل متخصص، أو بشكل أسوأ حظاً، حين يموت، يمكن أن يتوقف البحث في هذا الميدان، أحياناً لوقت طويل جداً».

«أعتقد أن هذا هو السبب الذي يجعلك تقدّر شخصاً يمضي سنة في دراسة نوع واحد من النبات، حتى إذا لم يُنتج أي شيء جديد؟» قال: «بالضبط. بالضبط». وبدا بالفعل أنه يعني ذلك.



الفصل الرابع والعشرون

الخلايا

تبدأ المسألة بخلية واحدة. تنشق الخلية الأولى كي تصبح اثنتين والاثنتان تصيران أربعاً، وهكذا دواليك. بعد 47 مضاعفة، يكون لديك 10.000 ترليون خلية في جسمك وهي جاهزة كي تنبثق ككائن بشري*. وكل واحدة من تلك الخلايا تعرف بالضبط ما تفعله كي تحافظ عليك وتغذيك من لحظة الحمل إلى الموت.

ليس لديك أسرار مخبأة عن خلاياك. فهي تعرف عنك أكثر مما تعرف أنت. تحمل كل واحدة نسخة من الشفرة الوراثية الكاملة كتيّب الإرشادات لجسمك، وهكذا فهي تعرف كيف تقوم ليس بعملها فحسب؛ بل بكل عمل آخر في الجسم أيضاً. لن يكون عليك أبداً في حياتك أن تتذكّر خليّة بمراقبة أدينوسين ثلاثي الفوسفات adenosine triphosphate الخاص بها أو العثور على مكان للانبعاث الزائد لحمض الفوليك الذي ينبثق فجأة. ستفعل هذا لك، بالإضافة إلى ملايين الأشياء الأخرى.

إن كل خلية في الطبيعة أعجوبة. فأبسط خلية تتجاوز حدود العبقرية البشرية بكثير. ولكي تبني خلية الخميرة الأكثر أساسية، مثلاً سيكون عليك أن تنمنم (تنشئ بحجم صغير) العدد نفسه تقريباً من المكوّنات الموجودة في طائرة بوينغ 777، وتركبها في كرة عرضها خمسة ميكرونات**؛ ثم سيجب عليك أن تقنع الكرة بالتكاثر.

لكن خلايا الخميرة هي لا شيء بالمقارنة مع الخلايا البشرية، التي ليست أكثر تنوّعاً وتعقيداً فحسب، وإنما أكثر سحراً بسبب تفاعلاتها المعقّدة.

---

* إن كثيراً من الخلايا في الحقيقة تضيع في عملية التطوّر، وهكذا فإن العدد الذي تبزغ به هو مجرّد تخمين. وبحسب المرجع الذي تعود إليه، يمكن أن يتنوّع حسب ترتيب الأهمية. إن عدد 10,000 ترليون هو من كتاب مارجوليس وساغان، «الإنسان».

** جزء من مليون من المتر.

إن خلاياك بلاد يعيش فيها 10,000 ترليون مواطن، وكل منها مكرّس بطريقة محددة جداً من أجل رفاهك الكلي. ليس هناك شيء لا تفعله لك. تجعلك تشعر بالمتعة وتشكّل الأفكار. تمكّنك من الوقوف والتمدد والوثب. حين تأكل وتستخلص المواد المغذّية، وتوزّع الطاقة، وتطرح الفضلات كل تلك الأمور التي تعلمت عنها في بيولوجيا المدرسة ولكنها تتذكّر أيضاً أن تجعلك جائعاً أولاً، وتكافئك بشعور بالسعادة فيما بعد، بحيث إنّك لن تنسى أن تأكل مرة أخرى. تجعل شعرك ينمو وتكوّم الصملاخ في أذنيك، وتجعل دماغك يخرخر بصوت هادئ. إنها تدير زوايا وجودك جميعها. ستقفز للدفاع عنك في اللحظة التي تُهدد فيها. وستموت من أجلك دون أي تردد، ذلك أن بلايين منها تفعل ذلك يومياً. لم يحدث أن شكرت طوال سنواتك واحدة منها. فدعونا الآن نمنحها ما تستحق من التقدير.

لا نفهم إلا قليلاً عن: «كيف تفعل الخلايا الأشياء التي تفعلها»، كيف تشكل الدهون أو تصنّع الأنسولين أو تنخرط في كثير من الأفعال الأخرى الضرورية، كي تحمي كياناً معقّداً مثلك. لديك على الأقل 200,000 نمط مختلف من البروتين الذي يعمل في داخلك، وحتى الآن لم نفهم أكثر من 2% مما يفعله. (يرى آخرون أن الرقم هو 50%؛ وهذا يعتمد على ما يبدو على ما تعنيه بـ «نفهم»).

تظهر المفاجآت على مستوى الخلايا في الأوقات جميعها. يُعدّ أكسيد النتريك ساماً في الطبيعة وعنصراً شائعاً في تلوّث الهواء. فوجئ العلماء قليلاً حين اكتشفوا في منتصف الثمانينيات أنه يُنتج بشكل غريب في الخلايا البشرية. كان هدفه في البداية لغزاً، ولكن العلماء بدؤوا يكتشفونه في كل مكان، فهو يتحكم بتدفق الدم ومستوى الطاقة في الخلايا، ويهاجم السرطانات ومُمرضات أخرى، وينظّم حاسّة الشمّ، وشرح أيضاً لماذا يهدئ النتروغرسلين؛ السائل الشديد التفجّر، ألم القلب المعروف باسم الذَّبحة الصدرية (يتحوّل إلى حمض النتريك في مجرى الدم، ويريح البطانة العضلية للشرايين، سامحاً للدم بالتدفق بحرية أكبر). وفي عقد من الزمن تحولت هذه المادة الغازية من سم خارجي إلى إكسير كليّ الحضور.

أنت تملك «بضع مئات من أنماط الخلايا المختلفة»، كما قال عالم الكيمياء الحيوية البلجيكي كيرستيان دي دوف Christian de Duve، وهي تتنوّع بشكل كبير في الحجم والشكل، من خلايا عصبية تستطيع خيوطها أن تمتد متراً إلى خلايا دموية حمراء صغيرة على شكل قرص، إلى الخلايا الكهرضوئية التي تشبه القضيب والتي تساعد على منحنا البصر. وهي تأتي أيضاً في سلسلة واسعة وسخية من الأحجام - وهذا يحدث بشكل مدهش في لحظة الحمل، حين يواجه حيوان منويٌّ نابض بويضة أكبر منه بـ 85,000 مرة (مما يشكك بمفهوم الهيمنة الذكرية). إن عرض الخلية البشرية في الحالة العادية، 20 ميكروناً -أي نحو جزء من مئتين من الملمتر)- مما يعني أنها صغيرة لا تُرى ولكنها تتسع بما يكفي كي تحمل آلاف البنى المعقّدة مثل الكوندريوسوم*، وملايين فوق ملايين من الجسيمات. وبمعنى أكثر دقة، تتنوّع الخلايا أيضاً في حيويتها. إن خلايا جسمك ميتة جميعها. وإنها نوعاً ما لفكرة مثيرة للحُنق أن نفكّر أن كل إنش من سطحك ميت. إذا كنت راشداً فأنت مغلف بأكثر من كيلومترين من الخلايا الميتة، التي يُسلخ منها عدة ملايين من الشظايا الصغيرة كل يوم. مرر إصبعاً على رفّ يعلوه الغبار وعندها تقوم برسم نموذج موجود في الجلد القديم.

نادراً ما تعيش الخلايا الأكثر حيوية أكثر من شهر، ولكن هناك بعض الاستثناءات الملحوظة. تستطيع خلايا الكبد أن تعيش لسنوات، بالرغم من أن المكوّنات التي في داخلها يمكن أن تتجدّد كل بضعة أيام. وتستمر خلايا الدماغ طالما أنت مستمر. إنك تُمنح مئة بليون خلية حين تُولد وهذا كل ما تحصل عليه. قُدِّر أنك تفقد 500 خلية كل ساعة، وهكذا إذا كان لديك عمل مهم ليس هناك في الحقيقة لحظة يجب أن تُضيّع. إن الأنباء الطيبة هي أن المكوّنات الفردية لخلايا دماغك تتجدد باستمرار وهكذا، كما هو الأمر مع خلايا الكبد، ليس هناك جزء منها من المرجح أن يعمّر أكثر من شهر. واقترح أنه لا يوجد فينا قطعة واحدة -حتى جسيم ضال- كانت جزءاً منا منذ تسع سنوات. يمكن ألا تشعر بذلك، ولكننا جميعاً صغار على المستوى الخلوي.

كان أول من وصف الخليّة هو روبرت هوك، الذي سبق وعرفنا أنه اختلف مع إسحاق نيوتن عن أسبقية ابتكار قانون التربيع العكسي. أنجز هوك أموراً كثيرة في أعوامه

* أحد جسيمات حبيبيّة عصويّة الشكل، أو خيطية الشكل في سيتوبلازم الخلايا. المترجم.

الثمانيــة والستين -كان منظّراً مكتملاً وبارعاً في صناعة أدوات بارعة ومفيدة- ولكن الشيء الوحيد الذي حقّق له الإعجاب الكبير هو كتابه المشهور «الفحص بالمجهر»: أو «بعض التوصيفــات الفسيولوجية لأجسام صغيرة عبر المكبّر»، الذي نُشر عام 1665. كشــف الكتاب لجمهــور مسحور كوناً مما هو صغــير جداً كان أكثر تنوّعــاً واكتظاظاً ومبنياً بشكل رائع ولم يسبق أن تصوره أحد.

كان بين السمات المجهرية التي حددها هوك في البداية غرف صغيرة في النباتات دعاهــا الخلايا؛ لأنها ذكرته بخلايا القردة. وحسب هــوك أن إنشاً مربّعاً من اللّحاء يحتوي على 1,259,712,000 من هذه الغرف الصغيرة. كان هذا أول عدد كبير كشف عنــه العلم. كانت المجاهــر في ذلك الوقت متوافرة طوال قــرن، ولكن ما ميّز مجاهر هــوك هو تفوّقها التقني. حققت تكبيراً أعلى بثلاثين مرة، مما جعلها الكلمة الأخيرة في التكنولوجيا البصرية في القرن السابع عشر.

جــاء الأمر صدمة حين بــدأ هوك بعد عقد هو وأعضاء الجمعيــة الملكية اللندنية، يتلقــون رسوماً وتقارير مــن تاجر أقمشة كتانيّة غير متعلّم في مدينة ديلفت الهولندية يستخدم تكبيرات أعلى بـ 275 مرة. كان اسم التاجر أنطوني فان ليفنهويك Antoni van Leeuwenhoek. وبالرغــم من أنه لم يمتلك إلا قليلاً من التعليم الرسمي وغير مطلع على العلم، فإنه كان راصداً فَهِماً ومخلصاً وعبقرياً في المجال التقني.

لا أحــد يعرف اليوم كيف حصل على تكبيرات رائعــة كهذه من أداة بسيطة تُحمل باليد، لم تكن أكثر من وتد خشبي بفقاعة صغيرة من الزجاج مثبتة عليه، غير أنها لا تشبه المكــبرات الزجاجية وما يعتقد معظمنا بأنه مجاهر. كان ليفنهويك يصنع أداة جديدة لكل تجربة يقوم بها، وكان سرياً بشكل كبير حيال تقنياته، بالرغم من أنه مرة ساعد البريطانيين في تحسين نسبة الوضوح في الرؤية*.

* كان ليفنهويك صديقاً حميماً لشخصية بارزة أخرى من ديلفت وهو الفنان جان فيرمير. وفي العقد الأول من القرن السابع عشر طوّر فيرمير، الذي كان سابقاً فناناً منافساً ولكن ليس بارزاً، إتقان الضوء والمنظور الذي احتفي به من أجلهما منذ ذلك الوقت. وبالرغم من أن الأمر لم يُبرهن أبداً فقد اشتُبه أنه استخدم الحجرة المظلمة (كاميرا بدائية)، وهي أداة ينفذ النور عبرها فترتسم فيها صور الأشياء الخارجية على الجدار أو السطح المقابل.

بدأ ليفنهويك العمل بعد أن تجاوز الأربعين من العمر، وقدّم في مدة خمسين عاماً مئتي تقرير تقريباً للجمعية الملكية بلغة هولندية وضيعة؛ اللهجة الوحيدة التي كان يتقنها. لم يقدم تفسيرات، وإنما حقائق ما اكتشفه، مزودة برسوم مُرهفة. أرسل تقارير عن كل ما يمكن فحصه تقريباً بشكل مفيد كعفن الخبز، ولسعة النحلة، وكريات الدم، والأسنان، والشعر، ولعابه، والبراز والمني (وكانت هذه الأخيرة مرفقة باعتذارات متقطّعة بسبب طبيعتها الكريهة التي لا مهرب منها). فحص تقريباً كل ما لم يُرَ بالمجهر سابقاً.

وبعد أن أفاد عن اكتشاف «حيوانات مجهرية» في عيّنة من ماء الفلفل في 1676 أمضى أعضاء الجمعية الملكية عاماً مع أفضل الأدوات، التي استطاعت إنتاجها التكنولوجيا البريطانية باحثين عن «الحيوانات الصغيرة» قبل أن يحصلوا أخيراً على التكبير بشكل صحيح. ما اكتشفه ليفينهويك هو البرِّزويّات (أحادية الخلية). وحسب أن هناك 8,280,000 من هذه الكائنات الصغيرة في قطرة ماء واحدة، أكثر من عدد السكان في هولندة. كان العالم يزخر بالحياة بطرق وأعداد لم يشتبه بها أحد من قبل.

بإلهام من اكتشافات ليفينهويك المذهلة، بدأ آخرون يحدقون في المجاهر بحدة بحيث اكتشفوا أحياناً أشياء لم تكن في الحقيقة هناك. واقتنع راصد هولندي محترم يُدعى نيكولاوس هارتسويكر أنه رأى «رجالاً صغاراً يعملون» في خلايا الحيوان المنوي. دعا الأشياء الصغيرة بالأقزام، واقتنع كثيرون لبعض الوقت أن كل البشر وكل الكائنات هم نسخة مضخّمة عن كائنات صغيرة تامة مُنّذرة. وقد جرف الحماس ليفينهويك نفسه أحياناً. حاول في إحدى أقل تجاربه نجاحاً أن يدرس الصفات الانفجارية للبارود عبر رصد انفجار صغير من مدى قريب؛ وسبب لنفسه العمى تقريباً من العملية.

وفي عام 1638 اكتشف ليفنهويك البكتيريا وكان هذا أقصى ما يمكن أن يبلغه التقدم حتى القرن اللاحق والنصف بسبب حدود التكنولوجيا المجهرية. وفي عام 1831 تمكن أحدهم من رؤية نواة الخلية أول مرة. اكتشفها عالم النبات الأسكتلندي

روبرت بـراون، ذلك الزائر المتكرر والغامض دوماً إلى تاريخ العلم. إن براون - الذي عاش مـن 1773 إلى 1858 - دعاها النـواة nucleus واشتقها مـن الكلمة اللاتينية nucula التي تعني الجوزة الصغيرة أو النواة. ولم يعرف أحد أن المادة الحية كلها هي خلوية حتى عام 1839. كان من اكتشف هذا هو ثيودور شوان Theodore Schwann، وهـو ألمـاني، ولم يكن متأخراً نسبيـاً فحسب - كما يحدث مـع الاكتشافات العلمية - وإنمـا لم يُقبـل بشكل واسع أيضاً في البداية. وفي ستينيـات القرن التاسع عشر، وبعد أن قـام العـالم الفرنسي لويـس باستور بعمل مهـم في فرنسة، تبيّن بشـكل حاسم أن الحياة لا يمُكن أن تنشأ تلقائياً، ولكن يجب أن تأتي من خلايا موجودة سابقاً. وعُرف الاعتقاد باسم «نظرية الخليّة»، وهي أساس علم البيولوجيا الحديث.

شُبِّهـتْ الخلية بكل شيء، فقـد شبهها عالم الفيزياء جيمـس تريفل بـ «مصفاة كيميائيـة معقّدة»، وشبّهها عالم الكيمياء الحيوية جاي براون بـ «مدينة شاسعة تعج بالتكاثـر». إن الخليـة هي كلاهما وليست أيّـاً منهما. وهي مثـل مصفاة من ناحية أنهـا مكرسة للنشـاط الكيميائي الهائـل، وكمدينة من حيث إنّهـا مكتظة ومشغولة وملأى بالتفاعلات التي تبدو مشوّشة وعشوائية، ولكنها تملك نسقاً واضحاً. ولكنها مـكان أكثر كابوسية من أي مدينة أو مصنع سبـق أن رأيته. ليس في الخلية أعلى أو أسفـل (فالجاذبية لا تنطبق علـى الوزن الخلوي)، ولا يوجد فـراغ بحجم ذرة غير مستخـدم. هنـاك نشاط في كل مكان وطنين لا يتوقّـف للطاقة الكهربائية. يمكن ألا تشعـر بـأن الكهرباء تسري فيك بشكل مـروع، ولكنك كذلك. فالطعـام الذي نأكله والأوكسجين الذي نتنفّسه يمتزجان في الخلايا بالكهرباء. والسبب في أننا لا نصدم بعضنا بقوة أو نحرق الأريكة حين نجلس، هو أن هذا يحدث بوزن خفيف: 0.1 فولت يسافـر مسافات تُقاس بالنانومتر (جزء من بليون من المـتر). على أي حال، ارفع هـذا وسوف يعادل صدمة من 20 مليون فولـت في كل متر، وهو الشحنة نفسها التي تحملها العاصفة الرعدية.

إن الخلايـا كلهـا تقريباً مبنية وفق الخطـة نفسها جوهرياً مهمـا كان حجمها أو شكلهـا: لها علبة خارجية أو غشـاء، ونواة تستقر فيها المعلومـات الوراثية الضرورية

لجعلـك تستمر، وفـراغ مشغول بين الاثنين يدعـى السيتوبلازم. ليسـ الغشاء - كما يتخيلـه معظمنــا - علبة مطاطية قابلـة للاستمرار، شيئاً تحتــاج إلى دبّوس حاد كي تثقبــه. إنها مصنوعة من نوع من المادة الدهنية تُعـرف باسم اللبيد (الشّحم)، التي لها الاستمرارية التقريبية «لدرجة خفيفة من زيت الآلة»، كما قال شروين ب. نولاند. إذا بدا هذا خيالياً بشكل مدهش، فضع في ذهنك أنه على المستوى المجهري تتصرف الأشياء بشكل مختلف. فبالنسبة لأي شيء على مستوى الجزيء يصبح الماء نوعاً من الجلّ المتين أو ليبيداً (شحم) كالحديد.

لــو كان بوسعك زيــارة خليّة، فإنك لن تحب ذلك. إذا نُفخـتَ إلى وزن تصبح فيه الذرات بحجم حبة بازلّاء، فإن الخلية نفسها ستكون كرة بعرض ميل تقريباً، يدعمها إطار معقّد مـن العوارض التي تُدعى هيكل خلوي عظمي cytoskeleton. وفي داخله، ملايــين فوق ملايــين من الأشيــاء بعضها بحجم كــرة السلة، وبعضهــا الآخر بحجم سيــارة ستنطلق كالرصاص. ولــن يكون هناك مكان تقف فيــه دون أن تُصاب وتُثقب آلاف المــرّات من الجهات جميعها. وحتى بالنسبــة لسكانه الدائمين فإن داخل الخليّة مــكان خطــر. إن كل خيط من الـ(DNA) يهاجم أو يُخرّب بمعــدّل مرة كل 8.4 ثوانٍ عشــرة آلاف مرة في اليوم من قبل مواد كيميائيــة، أو عملاء آخرين يقتحمون بطيش ويبترونــه دون انتبــاه، وكل من هذه الجراح يجب أن يُخــاط بسرعة إذا كان ينبغي ألا تهلك الخليّة.

إن البروتينــات حيّــة بشكل خاص، تــدور، وتنبض وتطير إلى بعضهــا بعضاً بليون مــرة في الثانيــة. أما الأنزيمــات، التي هي نوع مــن البروتين، فتندفــع في الاتجاهات جميعهــا، مؤدية نحو ألف مهمة في الثانية. وكنمل عامل سريع، تبني بهمة وتعاود بناء الجزيئات، رافعة جــزءاً من هذه، مضيفة جزءاً لتلك. بعضها يراقب البروتين العابر ويحدّد بمادة كيميائية تلك التي هلكت أو تعطلت بشكل لا يمكن إصلاحه. وحالما تُنتقى هكذا، فإن البروتينات المحكوم عليها بالهلاك تتابع إلى بنية تُدعى البروتيازوم حيث تذوب، وتُستخدم مكوّناتها لبناء بروتينات جديدة. وتوجد بعض أنماط البروتين لأقل مــن نصف ساعة؛ وتحيا أخــرى لأسابيع. ولكنها كلها تحيا حياة تبدو جنونية بشكل لا

يُفهم. وكما يقول دي دوف: «إن عالم الجسيمات عصيّ على خيالنا، بسبب السرعة التي لا تُصدق التي تحدث بها الأمور فيه».

إذا أبطأنا الأمور إلى سرعة يمكن ملاحظة التفاعلات فيها، فلن تبدو الأشياء مثيرة للأعصاب. سترى أن الخلية هي ملايين الأشياء جسيمات حالّة lysosomes، وجسيمات باطنيّة endosomes، وجسيمات ريّبية ribosomes، والجزيئات المرتبطة بالذرة المركزية ligands، وخلايا سيتوبلازمية لإنتاج وتفكيك بيروكسيد الهيدروجين peroxisomes، وبروتينات من الأشكال والأحجام جميعها تصطدم بملايين من الأشياء الأخرى، وتقوم بمهمات عاديّة: تستخلص الطاقة من المواد المغذّية، وتجمع البُنى، وتتخلّص من الفضلات، وترد المتطفلين، وترسل وتتلقّى الرسائل، وتقوم بالإصلاحات. تحتوي الخلية بشكل عادي على عشرين ألف نوع مختلف من البروتينات، وهناك ألفا نوع من هذه البروتينات يمثله كل منها على الأقل خمسون ألف جسيم. يقول نُلاند: «هذا يعني أنه حتى إذا أحصينا فقط تلك الجسيمات الحاضرة في كميات من أكثر من 50,000 منها، فإن الحاصل سيظل حده الأدنى 100 مليون جسيم بروتيني في كل خليّة. إن رقماً كبيراً كهذا يقدم فكرة ما عن ضخامة النشاط الحيوي الكيميائي في داخلنا».

إنها عملية متطلبة بشكل كبير. يجب أن يضخّ قلبك 343 لتراً من الدم في الساعة، وأكثر من 8,000 لتر كل يوم، و3 مليون لتر في العام، وهذا كافٍ لملء أربعة مسابح أولمبية لجعل الخلايا تحصل على الأوكسجين الطازج. (وإليكم البقيّة: في أثناء التمرين يمكن أن تزداد النسبة إلى ستة أضعاف). يؤخذ الأوكسجين من قبل الكوندريوسوم. وهذه هي محطات الطاقة في الخلية وهناك نحو ألف منها في كل خلية، بالرغم من أن العدد يتنوّع بشكل كبير بحسب ما تفعله خليّة، وكم تتطلّب من الطاقة.

يمكن أن تتذكّروا من فصل سابق أن الكوندريوسوم نشأت كبكتيريا أسيرة وأنها تعيش الآن كنزلاء في خلايانا، محافظة على تعليماتها الوراثية الخاصة، ومقسّمة لجدولها الزمني، ومتحدثة لغتها الخاصة. يمكن أن تتذكّروا أيضاً أننا تحت رحمة حسن نيتها. وإليكم السبب. في الحقيقة إن كل الطعام والأوكسجين الذي نتناوله يرسل بعد عملية المعالجة إلى الكوندريوسوم، حيث يتم تحويله إلى جسيم يُدعى الأدينوسين ثلاثي الفوسفات أو (ATP).

يمكــن ألا تكون قد سمعت بالإي تي بي، ولكنه هــو الذي يجعلك حيّاً. إن جسيمات الإي تــي بــي هي بطاريــات تتحرك عبر الخلية، وتــزوّد كل عمليات الخليّــة بالطاقة، وتستمــر حياتنا بسبب هــذا كله. ففي أي لحظة، يكون في خليّــة عاديّة في جسمك نحو بليــون جسيم إي تــي بي، وبعد دقيقتين، يجفّ كل واحد منهــا ويحل مكانه بليون. وفي كل يــوم تُنتج وتستهلك كمية مــن الإي تي بي تعادل نصف وزن جسمك. تحسّس دفء جلدك. هذا هو الـ (ATP) الخاص بك في أثناء العمل.

حــين لا يعــود هناك حاجة إلى الخلايا، فإنها تمــوت بكرامة عظيمة كما يمكن ان يُقــال. تأخذ كل الدعامات التي تدعمها وتلتهم أجزاءهــا المكوّنة. تُعرف هذه العملية باســم موت الخليّة المُبرمج. ففي كل يوم يموت البلايين من خلاياك من أجل فائدتك وتقــوم بلايين أخرى بتنظيف البقايا. يمكــن أن تموت الخلايا بعنف أيضاً مثلاً، حين تُصــاب بالعدوى ولكنها تمــوت في معظم الأحيان لأنه يُطلب منها ذلك. وفي الحقيقة، إذا لم يُطلب منها أن تحيا إذا لم تُمنح نوعاً من التوجيه النشيط من خلية أخرى، فإن الخلايا تقتل نفسها بشكل آلي. تحتاج الخلايا إلى كثير من التطمين.

حين تخفق خلية في الموت بالطريقة الموصوفة - كما يحدث أحياناً - تبدأ بالانقسام والانتشار بشكل وحشي، فندعو النتيجة السرطان. إن خلايا السرطان هي في الحقيقة خلايــا مشوّشة. ترتكب الخلايا هذا الخطأ بشــكل منتظم، ولكن الجسم يحتوي على آليــات متقنة للتعامــل معه. ومن النــادر أن تخرج العملية عــن السيطرة. يعاني البشر مــن مرض مهلك واحــد في كل 100 مليون بليون انقسام للخلية. إن السرطان هو حظ سيئ بكل ما للكلمة من معنى.

لا تكمــن أعجوبة الخلايا في أن الأمور تخطئ أحياناً، وإنما في أنها ترتب كل شيء بهــدوء مــدة عقد في كل مــدة. وتفعل ذلك عــبر إرسالها باستمرار جــداول الرسائل ومراقبتهــا رسائــل متنافــرة من أنحــاء الجسم جميعهــا: توجيهــات، واستفسارات، وتصحيحــات، وطلبات مساعــدة، وتحديثات، وملاحظات عن الانقســام أو الانتهاء. وتصــل هذه الإشارات معظمها بواسطة سعاة يُدعــون الهرمونات، ووحدات كيميائية كالأنسولين، والأدرينالين، والأوستروجــين والتيستوستيرون التي توصل المعلومات من

مواقع بعيدة مثل الغدّة الدرقية أو الغُدد الصمّ. وتصل رسائل برقية أخرى من الدماغ أو من مراكز إقليمية في عملية تُدعى paracrine signaling. أخيراً، تتواصل الخلايا بشكل مباشر مع جيرانها كي تتأكد من أن أفعالها منسّقة.

إنها حركة جنونية عشوائية مدهشة، تواتر من اللقاءات التي لا نهاية لها لا يديرها أي شيء سوى قواعد جوهرية من الجاذبية والنفور. ومن الواضح أنه لا يوجد عملية تفكير وراء أي من أفعال الخلايا. إنها تحدث فحسب، بشكل هادئ ومتكرّر وموثوق بحيث نادراً ما نعيها؛ وهذا لا ينتج النظام داخل الخلية فحسب، وإنما ينتج أيضاً التناسق التام في المتعضي. وبطرق بالكاد بدأنا بفهمها، تحدث ترليونات فوق ترليونات من ردود الفعل الكيميائية الانعكاسية في شخص متنقل ومفكر وصانع للقرار مثلكم، أو خنفساء روث أقل تفكيراً، ولكنها منظمة بشكل لا يصدق. لا تنسوا أبداً أن كل ما هو حي أعجوبة من أعاجيب الهندسة الذرية.

والواقع أن بعض المتعضيات التي نعتقد أنها بدائية تتمتّع بمستوى من التنظيم الخلوي يجعل نظرتنا تبدو مبتذلة. انزع خلايا حيوان الإسفنج (عبر تمريرها في منخل، مثلاً) ثم ضعها في محلول وسوف تعود إلى بعضها، وتبني نفسها في الإسفنج ثانية. بوسعك أن تفعل هذا لها مرة بعد أخرى وسوف تجتمع من جديد بعناد؛ لأنها -مثلكم ومثلي، ومثل كل ما هو حي- لها دافع طاغٍ واحد: هو أن تستمر في الحياة.

يعود كل هذا إلى جزيء غريب، مصمم، لا يُفهم بشكل كامل، وهو في نفسه غير حي، وفي معظم الأحيان لا يفعل أي شيء مطلقاً. ندعوه الـ (DNA)، وكي نبدأ بفهم أهميته الكبرى بالنسبة للعلم ولنا نحتاج إلى العودة 160 سنة إلى الوراء، إلى إنكلترة الفكتورية، إلى اللحظة التي خطرت فيها لعالم الطبيعة تشارلز داروِن ما دعاه «الفكرة الوحيدة الأفضل التي يمكن أن يصل إليها المرء»، ثم -لأسباب تحتاج إلى قليل من الشرح- أغلق عليها في درج طوال 15 سنة.



الفصل الخامس والعشرون

فكرة دارون الفذة

في أواخر صيف أو أوائل خريف 1859، تلقّى وايتويل إلوين - محرر مجلة بريطانية مُحترمة تُدعى كوارترلي ريفيو - نسخة من كتاب جديد ألفه عالم الطبيعة تشارلز دارون. قرأ إلوين الكتاب باهتمام، واعترف بأهميته، ولكنه خشيَ من أن الموضوع محدود جداً بحيث لن يجذب انتباه جمهور واسع. وحثّ دارون على تأليف كتاب عن الحمام بدلاً من ذلك. وقال محاولاً المساعدة: «إن الجميع يهتمون بالحمام».

تجاهل دارون نصيحة إلوين، ونشر كتاب أصل الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعي، أو حفظ السلالات المفضّلة في الصراع من أجل الحياة في أواخر تشرين الثاني من عام 1859، وسُعّر 15 شلنغاً. بيعت الطبعة الأولى التي تألفت من 1,250 نسخة في اليوم الأول. لم يتوقف الناشر عن طبع الكتاب ونادراً ما خرج من الجدل، منذ ذلك الوقت، ولم يكن هذا سيئاً لرجل كان اهتمامه الرئيس الآخر منصبّاً على ديدان الأرض، الذي كان سيمضى حياته كريفي غفل مشهور باهتمامه بديدان الأرض لو لم يتخذ قراراً بالإبحار حول العالم.

وُلد تشارلز روبرت دارون في 12 شباط 1809* في شروسبري، وهي بلدة تجارية رزينة في غرب الأراضي الوسطى. كان والده عالم فيزياء مزدهراً ومحترماً. أما أمه - التي وافتها المنية، حين كان تشارلز في الثامنة من عمره - فقد كانت ابنة جوسياه ودجوود، المشهور كخزّاف.

تمتع دارون بكل فوائد التربية، ولكنه آلم باستمرار والده المترمّل بأدائه الأكاديمي غير اللامع. «لا تأبه بأي شيء سوى الصيد، والكلاب، وصيد الفئران، وستكون عاراً على نفسك وعلى أسرتك»، كتب دارون الأب في سطر يظهر دوماً في أي حديث عن

* يوم ميمون في التاريخ: في مثل هذا اليوم وُلد إبراهام لنكولن في كنتاكي. المؤلف.

حياة دارون المبكرة. وبالرغم من أنه أظهر ميلاً إلى التاريخ الطبيعي، حاول من أجل والده أن يدرس الطب في جامعة أدنبرة، ولكنه لم يستطع أن يتحمل الدم والمعاناة. وسببت له تجربة حضور عملية لطفل مريض قبل اختراع المخدّر صدمة دائمة. حاول دراسة القانون بدلاً من ذلك، ولكنه وجده بليداً ثم نجح في الحصول على درجة في اللاهوت من جامعة كمبريدج.

بدا كأن وظيفة قسّ ريفي تنتظره حين جاء عرض مفاجئ أكثر إغراء. دُعي دارون للسفر على متن البيجل إتش إم إس من أجل المسح القومي، ولكنه دعي في الحقيقة كي يرافق على العشاء القبطان روبرت فيتزروي، الذي حالت رتبته دون تمضيته للوقت مع سيد نبيل. واختار فيتزروي - الذي كان غريب الأطوار - دارون؛ لأنه أحبّ شكل أنف دارون (وقد قال: إن هذا يعكس عمق الشخصية). لم يكن دارون خيار فيتزروي الأول، ولكنه اختير لأن رفيق فيتزروي المفضّل انسحب. ومن منظور القرن الواحد والعشرين كانت السمة المشتركة الأكثر إدهاشاً بين الاثنين هي فتوّتهما الكبيرة. ففي وقت الإبحار، كان فيتزروي في الثالثة والعشرين فحسب، وكان دارون في الثانية والعشرين.

كانت وظيفة فيتزروي الرسمية هي أن يضع خريطة للمياه الساحلية، ولكن هوايته وولعه كانت البحث عن تفسير حرفي توراتي للخلق. وبما أن دارون كان مدرّباً من أجل منصب الكاهن فقد كان هذا محورياً لقرار فيتزروي؛ كي يدعوه إلى الرحلة. وحين برهن دارون لاحقاً أنه لا يعتنق الليبرالية فحسب، وإنما غير مخلص للمبادئ المسيحية فقد صار هذا مصدراً للخلاف الدائم بينهما.

كان الوقت الذي قضاه دارون على متن البيجل من 1831 إلى 1836 على ما يبدو التجربة المُشكّلة لحياته، ولكنها كانت أيضاً أكثر تجريبياً. اقتسم هو وقبطانه كبيناً صغيراً، الأمر الذي لم يكن سهلاً بما أن فيتزروي كان يخضع لنوبات الغضب، التي تتبعها فورات من الاستياء الكبير. وكان هو ودارون يتخاصمان دوماً، وكانت بعض الخصومات «تتاخم الجنون»، كما تذكّر دارون فيما بعد. مالت الرحلات البحرية إلى أن تصبح مشروعات كئيبة في أفضل الأوقات، فقد انتحر قبطان البيجل السابق،

مطلقــاً رصاصة على دماغه في أثناء لحظة من الكآبــة والوحدة، وجاء فيتزروي من أســرة معروفة بميلها إلى الكآبــة. أما عمه، الفسكونت كاسلــري، فقد ذبح نفسه في العقــد السابق حين كان يعمل وزيراً للمال. (انتحر فيتزروي بالطريقة نفسها في عام 1865). وحتى حين يكون مزاجه رائقاً، برهن فيتزروي بأنه غير قابل للمعرفة بشكل غريــب. ذُهــل دارون حين علم في نهاية الرحلــة أن فيتزروي تزوّج فــوراً امرأة شابّة خطبهــا منذ وقت طويــل. فطوال خمس سنــوات من رفقته مــع دارون، لم يلمّح مرة واحدة إلى الارتباط، أو يذكر اسمها.

كانت رحلة البيجل انتصاراً في المناحي الأخرى جميعها. جرّب دارون المغامرة وجمع كميات من العيّنــات لصناعة شهرته وجعله منشغلاً لسنوات عدة. عثر على مجموعة نفيســة من الأحافير القديمــة المهمة، وبينها أروع (بهضــم megatherium) معروف حتى الآن؛ نجا من زلزال مهلك في تشيلي؛ واكتشف أنواعاً جديدة من الدلافين (التي سمّاها بإحساس بالواجب على اسم القبطان فيترزوي Delphinus Fitzroyi)؛ وقام باستقصاءات جيولوجية مفيدة عبر الأنديز؛ وطوّر نظرية جديدة لاقت إعجاباً كبيراً عــن تشــكّل الشّعب المرجانية، التي اقترحت – وليس مــن قبيل المصادفة – أن الشّعب لا يمكن أن تتشكّل في أقل من مليون سنة. كان هذا التلميح الأول عن فكرته حول قِدم العمليــات الأرضية. وفي عــام 1836، وفي سن السابعة والعشرين، عاد إلى الوطن بعد أن غاب خمس سنوات ويومين. ولكنه لم يغادر بريطانية بعد ذلك.

كان هنــاك شــيء لم يفعلــه دارون في رحلته هــو مناقشة نظرية النشــوء. ذلك أن النشــوء كان مفهومــاً قديمــاً يعود إلى ثلاثينيــات القرن التاسع عشــر. فقد بجّل جدّ دارون، إرازمــوس، المبــادئ النشوئية في قصيدة بعنوان «معبــد الطبيعة» قبل سنوات مــن ولادة تشارلــز. ولم تأتــه فكرة أن الحيــاة صراع أبــدي وأن الانتخــاب الطبيعي وسيلــة تساعد بعض الأنواع على الازدهار على حساب أنواع أخرى، إلى أن عاد دارون الشاب إلى إنكلترة وقرأ كتاب توماس مالتوس (مقالة في مبدأ السكان) (التي قالت: إن الزيــادة في الطعــام والمؤونة لا يمكــن أن تتماشى أبداً مع النمــوّ السكاني لأسباب رياضية». وبشكل محدد، ما رآه دارون هو أن المتعضّيات جميعها تتنافس على الموارد،

وأولئك الذين يمتلكون بعض التفوق الفطري سيزدهرون ويمررون ذلك التفوق إلى سلالتهم. بهذه الوسيلة ستتحسّن الأنواع باستمرار.

تبدو فكرة بسيطة بشكل كريه -إنها فكرة بسيطة بشكل كريه- ولكنها تشرح بقدر كبير، وكان دارون مستعداً كي يكرّس حياته لها. «كم كنتُ غبيّاً لأنني لم أفكّر فيها!» صاح تي.إتش. هكسلي حين قرأ كتاب أصل الأنواع. وهي وجهة نظر تكررت منذ ذلك الوقت.

من المثير أن دارون لم يستخدم عبارة «بقاء الأنسب» في أعماله (بالرغم من أنه عبّر عن إعجابه بها). نحت هربرت سبنسر التعبير في عام 1864، بعد خمس سنوات من نشر أصل الأنواع، في كتابه مبادئ البيولوجيا. لم يستخدم دارون كلمة «نشوء» حتى الطبعة السادسة من كتابه (وفي ذلك الوقت صار استخدامها واسع الانتشار بحيث لا تمكن مقاومته)، مفضلاً بدلاً من ذلك «انحدار مع تعديل». فضلاً عن ذلك، لم يلهم استنتاجاته جميعها بأي طريقة الوقت الذي قضاه في جزر الغالاباغوس، وخصوصاً حين لاحظ تغايراً مهماً في مناقير طيور البِرقش. فالقصة كما تُروى تقليدياً (أو على الأقل كما يتذكرها كثيرون منا بشكل متكرر) هي أن دارون، فيما كان يسافر من جزيرة إلى أخرى، لاحظ أن مناقير طيور البرقش كانت متكيفة بشكل مدهش لاستغلال الموارد المحلية. كانت المناقير في إحدى الجزر صلبة وقصيرة وجيدة لكسر الجوز، بينما كانت في الجزيرة الآتية طويلة ورقيقة ومناسبة جداً لاستخراج الطعام من الصدوع، وهذا ما دفعه إلى التفكير في أن الطيور لم تُخلق على الأرجح بهذه الطريقة، وإنما بمعنى ما خلقتْ نفسها.

قامت الطيور بخلق نفسها في الواقع، ولكن لم يكن دارون هو الذي لاحظ هذا. ففي زمن رحلة البيجل كان قد خرج دارون لتوّه من الجامعة، ولم يكن قد أصبح عالم طبيعة مكتملاً، وهكذا أخفق في رؤية أن طيور الغالاباغوس كانت كلها من نوع واحد. كان صديقه عالم الطيور جون جولد هو الذي أدرك أن ما عثر عليه دارون هو كثيرٌ من طيور البرقش ذات المواهب المختلفة. ولسوء الحظ، لم يلاحظ دارون في تجربته أي طيور جاءت من أي جزر (ارتكب خطأً مشابهاً حيال السلاحف). واستغرق الأمر سنوات لتصحيح الأمر.

وبسبب هذه الاكتشافات المتنوّعة، والحاجة إلى البحث في صناديق كثيرة من عيّنات البيجل، لم يبدأ داروِن حتى عام 1842 – بعد خمس سنوات من عودته إلى إنكلترة – بوضع مخطط مبادئ نظريته الجديدة. وقد وسّعها إلى 230 صفحة بعد عامين. ثم قام بشيء فائق للعادة: ترك ملاحظاته جانباً وفي العقد والنصف اللاحقين شغل نفسه بأمور أخرى. أنجب عشرة أولاد، وكرّس تقريباً ثماني سنوات لتأليف كتاب شامل عن البرنقيل (أكره البرنقيل كما لم يكره رجل من قبل، قال، بشكل مفهوم، لدى إنهاء العمل) وسقط فريسة لاضطرابات غريبة تركته قلقاً بشكل مزمن، ومغشيّاً عليه، و«مضطرباً»، كما عبّر عن الأمر. واشتملت الأعراض على غثيان مروع وارتعاد، وشقيقة، وإعياء وارتجاف، وبقع أمام العينين، وضيق نَفَس، و«دوار في الرأس»، وبشكل غير مفاجئ، الاكتئاب.

لم يعرف سبب المرض أبداً. وكان الأكثر رومانسية وربما الأكثر ترجيحاً بين كثير من الاحتمالات المقترحة هو أنه عانى من داء شاغاس (الدُّراق الطفيلي)*، وهو مرض استوائي ربما انتقل إليه من عضة حشرة Benchuga في أمريكة الجنوبية. وكان الشرح الأكثر واقعيّة هو أن حالته كانت سيكوسوماتيّة**. وفي غالب الأحيان لم يكن يستطيع العمل لأكثر من عشرين دقيقة، وأحياناً لا يستطيع حتّى هذا.

كان كثير من وقته المتبقي مكرّساً لسلسلة من العلاجات اليائسة بشكل متزايد كحمامات ماء مثلج، والغطس في الخلّ، وتغليف نفسه «بسلاسل كهربائية» أخضعته لبعض صدمات التيّار. صار ناسكاً، ونادراً ما يغادر منزله في كينت، داون هاوس. وكان أحد أفعاله الأولى لدى الانتقال إلى المنزل هو وضع مرآة خارج نافذة مكتبه؛ كي يتعرف على الزوّار ويتجنّبهم عند الضرورة.

أبقى داروِن نظريته لنفسه؛ لأنه عرف جيّداً العاصفة التي يمكن أن تسبّبها. وفي عام 1844 – العام الذي أقفل فيه على ملاحظاته – أثار كتاب بعنوان آثار التاريخ

---

* مرض استوائي يُحدث حمّى مرتفعة متطاولة وتضخُّماً في الطحال والكبد. يُنسب إلى الطبيب البرازيلي كارلوس شاغاس الذي كان أول من وصفه. المترجم.

** ناشئ عن تفاعل بين الظواهر الجسدية والظواهر النفسية. والسيكوسوماتي شخص يتكشّف عن أعراض جسدية، أو أعراض جسدية وعقلية ناشئة عن اعتلال عقليّ.

الطبيعـي للخلق غضب كثير من عالم المفكرين حين اقـترح أنه من المحتمل أن البشر تطـوّروا من بدائيين أدنى دون مساعـدة خالق إلهي. متوقعـاً الصرخة، اتخذ المؤلف خطوات حريصة كي يخفي هويّته، وأبقاها سرية حتى عن أقرب أصدقائه في الأعوام الأربعـين الآتية. وتساءل بعضهم إن كان دارون نفسه قد ألف الكتاب؟ واشتبه آخرون بـأن المؤلف هو برنس ألبرت. وفي الحقيقة، كان المؤلف ناشراً أسكتلندياً ناجحاً وغير مدّعٍ يُدعى روبرت تشامبرز الذي كان لتردده في الإفصاح عن نفسه بعد عملي وكذلك بعـد شخصي: وكانت شركته ناشـرة بارزة للكتب المقدسة*. شُـنّ هجوم عنيف على كتـاب آثار من فوق المنابر في أنحـاء إنكلترة كلها وما وراءها، ولكنه جذب أيضاً كمية جيّـدة من غيظ الباحثـين. وكرست مجلة إدنبرة ريفيو عدداً كاملاً تقريباً 85 صفحة لتمزيقـه إلى أشلاء. وحتى (تي. إتش. هكسلي)، الذي يؤمن بالنشوء، هاجم الكتاب ببعض السميّة، غير مدرك أن المؤلف كان صديقاً له.

كان مـن الممكـن أن يظلّ مخطوط دارون حبيس الأدراج حتـى وفاته، ولكن بسبب ضربـة مرعبة جاءت مـن الشرق الأقصى في أوائل صيف عـام 1858، في شكل رزمة تحتـوي على رسالـة ودّية من عالم طبيعة شـاب يُدعى (ألفرد رسـل والاس) ونسخة مـن دراسة بعنوان «في ميـل التنوّعات إلى أن تغادر بلا نهاية النمط الأصلي»، تلخّص نظريـة الانتخاب الطبيعـي التي كانت بشكل واضح مشابهة لمذكـرات دارون السرّية. كانت الصياغة تشبه صياغة دارون. وقال دارون بمقت: «لم أرَ أبداً مصادفة مفاجئة أكـثر من هذه». «لـو كان لدى والاس مخطط مخطوطي الـذي كُتب في 1842، لما كان بوسعه أن يكتب خلاصة قصيرة أفضل».

لم يدخـل والاسـ في حيـاة دارون بشكل مفاجـئ كما يقـال أحيانـاً. كان الاثنان يتراسـلان سابقاً، وقد أرسل والاس لدارون أكثر من مرة عيّنات بسخاء، معتقداً أنها تهمّـه. وفي مجرى هذه التبادلات حذر دارون بدماثـة والاس من أنه يعدّ موضوع خلق الأنـواع من اختصاصه الحصـري. «إن هذا الصيف سيجعل المـدة عشرين سنة(!)

* كان دارون أحد القلة الذين خمّنوا بشكل صحيح. حدث أنه كان يزور تشامبرز في أحد الأيام حين تم إرسال نسخة سابقاً من الطبعة السادسة من كتاب آثار. كانت الدقة التي فحص بها تشامبرز التنقيحات نوعاً من الإفشاء البريء، بالرغم من أن الرجلين لم يناقشا الأمر على ما يبدو.

منذ أن فتحت دفتري الأول حول مسألة كيف وبأي طريقة تختلف الأنواع عن بعضها بعضاً»، كتب إلى والاس منذ مدة. «أقوم الآن بتحضير عملي للنشر»، أضاف، بالرغم من أنه لم يكن يفعل ذلك.

أخفق والاس في فهم ما كان داروين يحاول قوله له. وعلى أي حال لم يكن بوسعه امتلاك أي فكرة أن نظريته كانت تقريباً مطابقة لنظرية كان داروين يطوّرها لطوال عقدين.

وجد داروين نفسه في مأزق مؤلم. إذا اندفع إلى النشر كي يحفظ أسبقيته، فإنه سيستفيد من إشارة من معجب بعيد. ولكن إذا تنحّى جانباً - كما يقتضي سلوك السادة - فإنه سيفقد السبق من أجل نظرية قام بتطويرها بشكل مستقل. كانت نظرية والاس، باعترافه هو نفسه، نتيجة وميض استبصار؛ أما نظرية داروين فقد كانت نتاج أعوام من الفكر المنهجي الدقيق والكادح. كان هذا غير عادل بشكل ساحق.

ومن أجل مضاعفة بؤسه أصيب ولده الأصغر، الذي سمّاه تشارلز أيضاً، بالحمى القرمزية وكان مريضاً بشكل خطر. وفي أوج هذه الأزمة، في 28 حزيران، توفي الطفل. وبالرغم من انشغاله بمرض ولده، عثر داروين على الوقت كي يرسل رسائل إلى صديقه تشارلز ليل وجوزف هوكر، عارضاً التنحي جانباً ولكنه نبه أن فعل ذلك يعني أن كل عمله، «سوف يُقضى عليه». وجاء ليل وهوكر بتسوية هي تقديم ملخص لأفكار داروين ووالاس سوية. وكان الحل الذي استقرا عليه هو اجتماع للجمعية الليينية، التي كانت تصارع آنذاك كي تعثر على طريق العودة إلى عادتها كمركز للصدارة العلمية. وفي 1 تموز 1858 كُشفت نظرية داروين ووالاس للعالم. لم يكن داروين حاضراً. وفي يوم الاجتماع كان هو وزوجته يدفنان ولدهما.

كان تقديم داروين والاس واحداً من سبعة في ذلك المساء، كانت هناك محاضرة عن نباتات أنغولا المزهرة، لم يكن الجمهور المؤلف من ثلاثين شخصاً يمتلك أي فكرة أنه يشهد الأوج العلمي للقرن، ولم يظهر أي إشارة تدل على ذلك. لم يحدث نقاش. ولم يجذب الحدث كثيراً من الانتباه في أمكنة أخرى. قال داروين بابتهاج فيما بعد: إن الشخص الوحيد الذي ذكر البحثين في الطباعة هو الأستاذ هوتون من دبلن، وكان استنتاجه هو «أن كل ما هو جديد فيهما مزيّف، وما هو صحيح قديم».

والاس – الذي كان ما يزال في الشرق البعيد – سمع بهذه المناورات بعد وقت طويل من الحدث، ولكنه كان رصيناً بشكل لافت، وبدا مسروراً أنه تم إدراجه في كل هذا. حتى إنه أشار إلى النظرية بعد ذلك دوماً بـ «الداروينية».

كان الأقل ميلاً لقبول أسبقية دارون هو الحدائقي الأسكتلندي باتريك ماثيو الذي وصل بشكل لافت إلى مبادئ الانتخاب الطبيعي منذ أكثر من عشرين عاماً، في العام نفسه الذي أبحر فيه دارون على متن البيجل. ولسوء الحظ، نشر ماثيو وجهات النظر هذه في كتاب بعنوان (الأشجار البحرية وزراعة الأشجار)، الذي لم ينتبه إليه لا دارون ولا العالم برمته. ردَّ ماثيو بطريقة حيوية في رسالة إلى جاردنر كرونيكل حين رأى دارون يكسب الشهرة في كل مكان من أجل الفكرة، التي كانت في الحقيقة فكرته. اعتذر دارون دون تردّد، بالرغم من أنه لم يدوّن ذلك: «أعتقد أنه لا أحد سيشعر بالدهشة من أنه لا أنا ولا أي عالم طبيعة آخر على ما يبدو، قد سمع بوجهات نظر السيد ماثيو، نظراً إلى قصرها وإلى كونها ظهرت في ملحق عن الأشجار البحرية وزراعة الأشجار».

تابع والاس مدة خمسين سنة أخرى كعالم طبيعة ومفكّر، وأحياناً كان مفكراً جيداً جداً، ولكنه هجر العلم واهتم بأمور ملتبسة كالروحانيات واحتمال وجود الحياة في مكان آخر من الكون. وهكذا صارت النظرية – بسبب الإهمال – حكراً على دارون وحده.

لم يتوقف دارون أبداً عن كونه معذباً من أفكاره. أشار إلى نفسه بأنه «كاهن الشيطان» وقال: إن الكشف عن النظرية هو «مثل الاعتراف بجريمة». وبغض النظر عن كل شيء آخر، عرف أنها آلمت بعمق زوجته الحبيبة المتدينة. وحتى هكذا، انطلق إلى العمل فوراً موسّعاً مخطوطه إلى كتاب. ودعاه مؤقتاً «خلاصة مقال في أصل الأنواع وضروبها من خلال الانتخاب الطبيعي». كان هذا العنوان فاتراً ومؤقتاً بحيث إنّ ناشره جون مري قرر إصدار 500 نسخة فقط. ولكن حالما اطلع على المخطوط وعلى عنوان أجمل أعاد مري التفكير وقرر طبع 1,250 نسخة.

حقق كتاب أصل الأنواع نجاحاً تجارياً فورياً، غير أن نجاحه النقدي كان قليلاً. قدمت نظرية دارون صعوبتين غير قابلتين للحل. كانت تحتاج إلى مزيد من الوقت

أكثر مما كان اللورد كلفن يرغب بالتسليم، ونادراً ما كانت مدعومة بدليل الأحافير. وسأل نقاد دارون الأكثر فهماً: أين تلك الأشكال المؤقتة التي أشارت إليها نظريته؟ إذا كانت الأنواع الجديدة تتطور باستمرار، يجب أن يكون هناك إذاً كثير من الأشكال الوسيطة مبعثرة في سجل الأحافير، ولكن لم يكن هناك أي شيء*. وفي الحقيقة، لم يظهر السجل كما كان آنذاك (ولوقت طويل بعد ذلك) أي حياة حتى لحظة الانفجار الكمبري المشهور.

ولكن كان هناك دارون – دون أي دليل – يلح أن البحار الأولى كان يجب أن تكون زاخرة بالحياة ولم نعثر عليها بعد لأنه، مهما كان السبب، لم تُحفظ. لم يكن بوسعها أن تكون غير ذلك. وأكد دارون: «إن القضية حالياً يجب أن تبقى غير قابلة للشرح، ويمكن أن يُلح عليها بوصفها حجة صالحة ضد وجهات النظر المطروحة هنا»، لقد سمح بكل صراحة، ولكنه رفض أن يسمح احتمالاً بديلاً. وعبر الشرح قال بشكل مبتكر ولكن غير صحيح ربما كانت البحار الكمبرية صافية جداً بحيث لا يمكن ترك الرسابة وبالنتيجة لم تُحفظ أي أحافير.

تضايق حتى أعز أصدقاء دارون من استهتار بعض تأكيداته. قال آدم سيدجويك – الذي درّس دارون في كمبريدج وأخذه في رحلة جيولوجية إلى ويلز عام 1831 – إن الكتاب «سبب له ألماً أكثر مما منحه متعة». وقال لويس أجاسيز، عالم الإحاثة السويسري الشهير: إن هذا تخمين لا أساس له. وقال لويل بكآبة: «إن دارون يشطح».

كره تي. إتش هكسلي إلحاح دارون على كميات كبيرة من الزمن الجيولوجي؛ لأن هكسلي كان من القائلين بالطفرة، فكرة أن التغيرات التطورية لا تحدث تدريجياً وإنما فجأة. إن القائلين بالطفرة (والأصل اللاتيني للكلمة الإنكليزية هنا يعني القفزة) لم يستطيعوا قبول أن المتعضيّات المعقّدة يمكن أن تبزغ في مراحل بطيئة. ما فائدة عشر جناح أو نصف عين في النهاية؟ إن أعضاء كهذه، كما اعتقدوا، لها معنى فحسب في حالة مكتملة.

* بالمصادفة، في 1861، في أوج الجدل، ظهر ذلك الدليل حين عثر العمال في بافاريا على عظام archaeopteryx وهو مخلوق في منتصف الطريق بين الطائر والديناصور. (كان له ريش، ولكن له أيضاً أسنان). كان هذا اكتشافاً مؤثراً ومساعداً، ويجب أن تناقش أهميته ولكن اكتشافاً واحداً لا يكاد يُعدّ حاسماً.

كان المعتقد مفاجئاً قليلاً في روح جذرية كروح هكسلي؛ لأنه استدعى بسرعة نظرية دينيــة محافظة جداً، كان أول من وضعها هو عــالم اللاهوت الإنكليزي ويليم بالي في عــام 1802، وعرفــت باســم «اشتقاق الحجة مــن النظام». قال بالي: إنــه إذا عثرت علــى ساعة جيب علــى الأرض، حتى لو لم يحدث أن رأيت شيئــاً كهذا من قبل، فإنك ستُدرك على الفور أنها صُنعت من قبل كيان ذكي. وهكذا - كما اعتقد - كان الأمر في الطبيعة: إن تعقيدها برهان على نظامها. كانت النظرية قوية في القرن التاسع عشر، وقــد سببت مشكلات لــداروين أيضاً. وأقر في رسالة إلى صديــق: «إن العين تسبب لي القشعريــرة حتى اليوم». وسلّم في كتــاب أصل الأنواع: «أعترف بكل حرية أنه لمن غير المقنع» أن الانتخاب الطبيعي يمكن أن ينتج أداة كهذه في خطوات تدريجية.

وحتى هكذا، وبالرغم من الاستياء الذي لا ينتهي لمناصريه - لم يلحّ داروين فحسب علــى أن التغير تدريجي - ولكــن تقريباً في طبعات (أصل الأنــواع) جميعها زاد كمية الوقــت التي افترضها ضرورية للسماح للتطور بالتقدم، مما جعل أفكاره غير مفضلة بشــكل زائد. «أخيراً، وبحسب العالم والمؤرخ جيفري شوارتز»، فقد داروين في الحقيقة كل الدعم الذي كان باقياً بين صفوف مؤرخي علم الطبيعة وعلماء الجيولوجيا.

وبشكل ينطوي على مفارقة - آخذين في الحسبان أن داروين دعا كتابه أصل الأنواع - فــإن الشيء الوحيد الــذي لم يستطع شرحه هو كيف نشأت الأنواع. اقترحت نظرية داروين آلية تشرح كيف يمكن أن تصير الأنواع أكثر قوة أو أفضل أو أسرع، باختصار، أكــثر ملاءمة ولكنه لم يشــرح كيف تطرح نوعاً جديداً. فكّر مهندس أسكتلندي يُدعى فلمينــغ جنكينــز في المشكلة، وانتبه إلى خطأ مهم في حجة داروين. اعتقد داروين أن أي سمة مفيدة نشأت في جيل واحد ستُنقل إلى الأجيال اللاحقة، وبالنتيجة تقوّي الأنواع. أشــار جنكينــز إلى أن سمة مفضلة في أحــد الوالدين لن تصبــح مهيمنة في الأجيال اللاحقــة، وإنمــا ستضعف بسبب الاختــلاط. إذا سكبت الوسكــي في إبريق ماء، فلن تجعل الوسكي قوية وإنما ستخفّفها. بالطريقة نفسها، إن أي سمة مفضلة يُدخلها أحد الوالديــن ستخف بالتعاقب من قبل المزاوجات اللاحقــة إلى أن تختفي. وهكذا كانت نظريــة داروين وصفة ليست للتغير وإنما للاستمرارية. إن ضربات حظ يمكن أن تنشأ مــن مدة لأخرى، ولكنها ستتلاشى في الحال تحت الدافــع العام لإرجاع كل شيء إلى

توسّط ثابت. وإذا كان يجب أن يعمل الانتخاب الطبيعي فهناك حاجة إلى آلية غير مفكر فيها بديلة.

مجهولاً من قبل دارون ومن قبل الجميع، وعلى بعد 1200 كيلومتر في زاوية هادئة من وسط أوروبة كان هناك راهب متقاعد يدعى غريغور منديل يبتكر الحل.

وُلد منديل عام 1822 لأسرة متواضعة من المزارعين في مكان منعزل من الإمبراطورية النمساوية فيما هو الآن الجمهورية التشيكية. صوّرته الكتب المدرسية مرة كراهب بسيط متقيد بالتقاليد وريفي، وأن اكتشافاته تمّت بالمصادفة، نتيجة ملاحظة سمات مهمة في الوراثة بينما كان يعبث بنباتات البازلاء في حديقة مطبخ الكاتدرائية. وفي الواقع كان منديل عالماً مدرّباً درس الفيزياء والرياضيات في مؤسسة أولمتز الفلسفية وفي جامعة فيينا، وكان كل ما فعله ممنهجاً علمياً. فضلاً عن ذلك، كانت الأبرشية في برنو حيث كان يعيش منذ 1843 معروفة بأنها مؤسسة تعليمية. كان فيها مكتبة من عشرين ألف كتاب وتراث من البحث العلمي الدقيق.

قبل أن يبدأ منديل تجاربه، أمضى عامين يحضّر عيّنات الاختبار، وهي سبعة أنواع من البازلاء (البسلّى)، كي يتأكد من أنها تتناسل بشكل صحيح. ثم - وبمساعدة من مساعدين دائمين - قام بشكل مستمر باستيلاد وتهجين خلائط ثلاثين نوعاً من البازلاّء. كان عملاً حسّاساً، يقتضي من الرجال الثلاثة بذل جهود دقيقة؛ كي يتجنّبوا التهجين التصادفي وأن ينتبهوا إلى التنوّعات جميعها في نموّ ومظهر البذور والقرون والأوراق والبراعم والأزهار. كان منديل يعرف ما الذي يفعله.

لم يستخدم أبداً كلمة «مورِّثة» (جينة) لم تُنحت حتى عام 1913، في قاموس طبّي إنكليزي، بالرغم من أنه ابتكر مصطلحي «مهيمن» و«مُنحسر». ما أسسه هو أن كل بذرة تحتوي على «عنصرين» كما دعاهما: واحد مهيمن والآخر منحسر، وهذان العاملان، حين يمُزجان، ينتجان نماذج قابلة للتنبؤ من الوراثة.

حوّل منديل النتائج إلى صيغة رياضية دقيقة. وأمضى ثماني سنوات في تجاربه، ثم أكّد نتائجه بتجارب مشابهة على الأزهار والذرة ونباتات أخرى. وإذا قلنا أي شيء

فـإن ميندل كان علمياً جـداً في مقاربته، ذلك أنه حين قـدّم اكتشافاته في اجتماعَيّ شبـاط وآذار لجمعيـة التاريـخ الطبيعي في برنو في 1865، أصغـى جمهور من أربعين شخصاً بعناية، ولكنهم لم يتأثّروا على ما يبدو، بالرغم من أن استيلاد النباتات كان مصلحة عملية مهمة جداً لكثير من أعضاء الجمعية.

حـين نُشر تقرير ميندل، أرسل بلهفـة نسخة إلى عالم النبات السويسري العظيم كارل فلهلـم فون (ناجيلـي) Karl-Wilhelm von Nageli، الـذي كان دعمه حيوياً تقريبـاً لنجاح النظرية. ولسوء الحظ، أخفق ناجيلي في فهم أهمية اكتشاف ميندل. واقـترح أن يحاول ميندل استيـلاد العُشبة الصقرية*. أطاعـه ميندل ولكنه أدرك بسرعة أن العشبة الصقرية لا تمتلك أياً من السمات المطلوبة لدراسة قابلية التوريث. كان مـن الجلـيّ أن ناجيلـي لم يقـرأ الدراسة بدقـة، أو ربمـا لم يقرأها أبـداً. شعر مينديـل بخيبـة الأمل، فترك استقصـاء قابلية التوريث، وأمضى مـا تبقى من حياته يزرع الخضراوات المميزة، ويدرس النحل والفئران وكُلَف الشمس**، بين أمور أخرى كثيرة. وفي النهاية جُعل رئيساً للدير.

تم تجاهل مكتشفات ميندل على نطاق واسع كما قيل. وتلقت دراسته مدخلاً جيداً في الموسوعـة البريطانيـة كانت سجلاً أبرز للفكر العلمي أكثر من الآن، وذُكرت بشكل متكرر في دراسة مهمة وضعها الألماني فلهلم أولبرز فوك Wilhelm Olbers Focke. ونظراً لأن أفكار ميندل لم تغب عن التفكير العلمي، وتغرق كان من السهل العودة إلى إنقاذها حين كان العالم مستعداً لها.

معـاً – ودون أن يـدركا ذلك – وضـع دارون وميندل الأساس لـكل علم الحياة في القرن العشرين. رأى دارون أن كل الأشياء الحية مرتبطة ببعضها بعضاً، وأنها «تعود سلاليـاً إلى مصـدر واحـد مُشترك»؛ قدّم عمـل ميندل الآلية لشـرح كيف يمكن أن يحدث هـذا. كان بوسع الرجلين أن يساعدا بعضهما بعضاً بسهولة. كان لدى ميندل طبعـة ألمانية من كتاب أصل الأنـواع، ومن المعروف أنه قرأه، ولا بد أنه أدرك أن عمله

* نبات من الفصيلة المركّبة ذو زهرات صفراء أو برتقالية اللون. المترجم.

** بُقع داكنة تبدو بين فينة وأخرى على سطح الشمس. المترجم.

يمكـن تطبيقه على عمل دارون، ولكنه على ما يبـدو لم يبذل أي جهد كي يتصل معه. ودارون، بـدوره، من المعروف أنه درس دراسة (فـوك) المؤثرة بإشاراتها المتكررة إلى عمل ميندل، ولكنه لم يربطها بدراساته الخاصة.

إن الشيء الوحيد الذي يعتقد الجميع أنه يميّز حجة دارون هو أن البشر ينحدرون مـن القرود، لم تبرز مطلقاً إلا كإشارة عابـرة. وحتى هكذا، لم يحتج الأمر إلى قفزة خياليـة كبيرة لرؤية المعاني الضمنية للتطور البشري في نظريات دارون، وصارت على الفور موضوعاً فورياً للحديث.

حدثـت المواجهة يوم السبت، 30 حزيـران 1860، في اجتماع الجمعية البريطانية لتقـدم العلـم في أكسفورد. وقد تم حثّ هكسلي كي يحضـر من قبل روبرت تشامبرز، مؤلـف آثـار التاريـخ الطبيعي للخلـق، بالرغم من أنـه كان ما يـزال لا يعرف علاقة تشامـبرز بذلـك الكتاب الكبير المثـير للجدل. كان دارون غائباً كمـا هو الحال دوماً. عُقـد الاجتمـاع في متحف أكسفورد لعلـم الحيوان. وحضر أكثر مـن ألف شخص في الغرفـة؛ وتم إبعـاد مئة. وعرف النـاس أن شيئاً كبيراً سيحـدث، بالرغم من أنه كان عليهـم الانتظار فيما كان متحـدث ممل جداً يدعى وليم دريبر مـن جامعة نيويورك يشـق طريقـه بشجاعة عبر ساعتين مـن الملاحظات التمهيدية عـن «التطور الفكري لأوروبة مفكراً فيه عبر الإشارة إلى وجهات نظر دارون».

أخيراً، نهض أسقف أكسفورد صامويل ولبرفورس كي يتحدث. كان ولبرفورس قد اطلع على الأمر (كما افترض عامةً) بشكل موجز من رتشارد أوين المعارض المتحمس لـدارون، الذي زاره الليلة الماضية. وكما يحدث عادة مع الأحداث التي تنتهي بضجة، تتنـوّع القصص عما رشح بشكل كبير. وفي النسخة الأكثر شعبية، أن ولبرفورس حين كان يتحـدث استـدار إلى هكسلي بابتسامة جافة، وسألـه إن كان منحدراً من القردة عـن طريـق جدته أو جـده؟ كان القصد من هـذه الملاحظة هو السخريـة دون شك، ولكنها جاءت كتحدٍّ بارد. استدار هكسلي إلى جاره وهمس: «لقد أرسله الله بين يدي»، ثم نهض باستمتاع معيّن.

تذكّر آخرون هكسلي وهو يرتجف من الغضب والاستياء. على أي حال، أعلن هكسلي أنه يفضل القرابة مع قرد بدلاً من شخص يستخدم مركزه؛ كي يقدم ثرثرة لا أساس لها فيما هو ندوة علمية كما هو مفترض. كانت هذه الإجابة الطاعنة وقاحة فضائحية، وإهانة لمكتب ولبرفورس، وتحولت المجريات فوراً إلى صخب. غشي على السيدة بروستر. وتجول روبرت فيتزروي، رفيق دارون على متن سفينة البيجل قبل خمس وعشرين سنة، عبر القاعة رافعاً الكتاب المقدس وهو يصيح: «الكتاب، الكتاب!» (كان في المؤتمر كي يقدم بحثاً عن العواصف كونه رئيس قسم الأرصاد الجوية المؤسس حديثاً). ومن المثير، أن كل طرف زعم فيما بعد أنه هزم الآخر. في النهاية أعلن دارون عن اعتقاده بقرابتنا مع القردة في كتابه تحدّر الإنسان عام 1871. كان الاستنتاج جريئاً، بما أنه لا شيء في سجل الأحافير دعم نظرية كهذه. كانت البقايا البشرية الأولى الوحيدة المعروفة هي العظام النياندرتالية من ألمانية، وبعض القطع القليلة غير المؤكدة من عظام الفكين، ورفض كثير من العلماء المحترمين أن يؤمنوا حتى بقدامتها. كان تحدّر الإنسان كتاباً مثيراً للجدل أكثر من أصل الأنواع، ولكن في وقت ظهوره قلت إثارة العالم وسببت حججه إثارة أقل. والسبب الأكبر هو أن دارون أمضى أعوامه الأخيرة مهتماً بمشروعات أخرى لم يتعلق معظمها إلا عرضيّاً بمسائل الانتخاب الطبيعي. أمضى أوقاتاً طويلة يلتقط زرق الطيور ويفحص المحتويات في محاولة لفهم كيف تنتشر البذور بين القارات، وأمضى المزيد من السنوات يدرس سلوك الديدان. وكانت إحدى تجاربه أن يعزف لها على البيانو لا لكي يسلّيها، وإنما كي يدرس تأثير الصوت والاهتزاز عليها. كان أول من أدرك أن الديدان مهمة جداً لخصوبة التربة. «يمكن أن يُشك إن كان هناك كثير من الحيوانات الأخرى التي أدت دوراً مهماً كهذا في تاريخ العالم»، كتب في عمله الرائد عن الموضوع، تشكيل تراب الخضراوات عبر عمل الديدان (1881)، الذي كان أكثر شهرة من كتاب أصل الأنواع. ومن بين كتب دارون الأخرى عن الوسائل المختلفة التي تغذي بها الحشرات نبات السحلبية البريطاني والأجنبي (1862)، (والتعبير عن العواطف لدى الإنسان والحيوان) (1872)، الذي بيع منه 5,300 نسخة في يومه الأول، (وتأثيرات التخصيب التهجيني

والذاتي في المملكة النباتية) (1876)، وهذا موضوع كان قريباً بشكل غير مرجح من عمل منديل، ودون تحقيق أي شيء كاكتشافاته وقوة الحركة في النباتات. وأخيراً خصص كثير من الجهد لدراسة نتائج الاستيلاد الداخلي. وكانت هذه مسألة تهمه بشكل خاص. بعد أن تزوج ابنة عمه، اشتبه دارون بكآبة بأن نقاط ضعف جسدية وذهنية معيّنة بين أولاده ناشئة من غياب التنوّع في شجرة نسبه.

تلقى دارون كثيراً من التكريم في أثناء حياته، ولكن لم يتلقَّه أبداً عن أصل الأنواع أو انحدار الإنسان. منحته الجمعية الملكية وسام كوبلي الرفيع من أجل نظرياته في الجيولوجيا وعلم الحيوان والنبات، ولكن ليس من أجل نظرياته في النشوء، وكانت الجمعية الليينية مسرورة أيضاً كي تكرّم دارون دون اعتناق نظرياته المتطرفة. لم يُمنح أبداً لقب فارس، بالرغم من أنه دُفن في ويستمنستر آبي، إلى جانب نيوتن. وافت المنية دارون في نيسان 1882. وتوفي منديل بعد عامين.

لم تحظَ نظرية دارون بقبول واسع حتى الثلاثينيات والأربعينيات، مع وصول نظرية مصقولة دُعيت بغطرسة معيّنة «التركيب الحديث»، وهي مزيج من أفكار دارون ومنديل وآخرين. ولم يكرم منديل إلا بعد وفاته، ولكن هذا حدث في الحال. ففي 1900 أعاد ثلاثة علماء يعملون بشكل منفصل في أوروبة اكتشاف عمل منديل بشكل متزامن تقريباً. وزعم أحدهم – وهو هولندي يُدعى هوجو دي فرايس – أن اكتشافات منديل هي من عمله، قام منافس بإعلان صاخب أوضح فيه أن صاحب الحق في الاكتشاف هو الراهب المنسي.

كان العالم مستعداً تقريباً ولكن ليس بشكل كامل كي يبدأ بفهم كيف وصلنا إلى هنا: كيف صنعنا بعضنا بعضاً. ومن المذهل أن نفكّر حقاً أنه في بداية القرن العشرين، وبعد ذلك بسنوات، لم تستطع أفضل العقول العلمية في العالم أن تخبرك، بأي طريقة لها معنى، من أين يأتي الأطفال.

وهؤلاء – كما يمكن أن تتذكروا – رجال اعتقدوا أن العلم شارف على نهايته.

الفصل السادس والعشرون

مادة الحياة

لـو لم يتزوج والداك حين فعلا هذا لكان من المحتمـل ألا تكون هنا لثانية أو لجزء مـن مليون من الثانية. ولـو لم يتزوج والداهما في وقت محدد بدقة لما كنت هنا أيضاً. ولـو لم يفعل والداهما الشيء نفسه، ووالداهما من قبل، وهكذا دواليك، بشكل واضح ودون نهاية، لما كنت هنا.

عد إلى الوراء عبر الزمن لتبدأ ديون الأسلاف هذه بالتجمع. عد إلى الوراء ثمانية أجيـال فقط إلى الوقت الذي وُلد فيه تشارلز داروِن وإبراهام لنكولن، وسيكون هناك أكـثر من 250 شخصاً يعتمـد وجودك على زواجهم الـذي تم في حينه. تابع أكثر من ذلـك، إلى زمـن شكسبير وحجاج الميفلاور، وسيكون لديك ما لا يقل عن 16,384 من الأسلاف تناقلوا المادة الجينية بطريقة قادت في النهاية وبشكل إعجازي إليك.

منـذ عشرين جيلاً، كان عدد الناس الذيـن تناسلوا لصالحك 1,048,576. وقبل خمسـة أجيال من هذا، كان هناك ما لا يقل عـن 33,554,432 من الرجال والنساء، الذيـن يعتمد وجودك على زواجهم. وقبل ثلاثين جيلاً، سيكون العدد الكلي لأسلافك تذكّـر أن هؤلاء ليسوا أبناء عم وعمات وأقرباء آخرين، وإنما تعاقب للوالدين في خط يقـود بشكل متعـذر اجتنابه إليك هو أكثر مـن بليـون، (1,073,741,824، كي نكون دقيقـين). وإذا عدت إلى الوراء 64 جيـلاً، إلى زمن الرومان، فإن عدد الناس الذين يعتمـد وجودك على جهودهم التعاونية سيرتفع تقريبـاً إلى مليون ترليون، وهذا أكبر بآلاف عدة من العدد الكلي للناس الذين سبق وعاشوا.

مـن الواضح أن هناك خطأ مـا قد حدث في حساباتنا. ويمكـن أن يهمك أن تعلم أن الإجابـة هي أن خطك ليس نقياً. فأنت لا تستطيع أن تكون هنا دون قليل من سفاح القربـى، وفي الحقيقـة كثير منه ولو لمسافة جينية رصينـة. وبوجود ملايين كثيرة من

الأسلاف في خلفيتك، سيكون هناك كثير من المناسبات حين يكون ابن خال بعيد من ناحية أمك قد تزاوج مع ابنة عم بعيدة من ناحية أبيك في الدفتر الأستاذ. وإذا كنت الآن في شراكة مع شخص من سلالتك وبلدك، فإن فرص كونكما قريبين على مستوى ما ممتازة. والواقع أنك لو نظرت حولك في حافلة أو حديقة أو مقهى أو أي مكان مكتظ، فإن الناس الذين تراهم معظمهم من المرجّح جداً أنهم أقرباء. حين يتباهى أحدهم أمامك أنه انحدر من شكسبير أو وليم الفاتح يجب أن تجيبه على الفور: «وأنا، أيضاً!» بالمعنى الأكثر دقة وجوهرية نحن نشكل أسرة واحدة.

نحن متشابهون أيضاً بوضوح. قارن بين جيناتك وجينات أي إنسان آخر وستكون نفسها بنسبة 99.9%. هذا ما يجعلنا نوعاً. إن الفروق الطفيفة في الـ 0.1% المتبقية «تقريباً قاعدة نكليوتيد واحدة one nucleotide base في كل ألف»، كما قال عالم الوراثة البريطاني الحاصل على جائزة نوبل جون سلستون هو ما يمنحنا فرديتنا. وقد فُعل كثير في الأعوام الأخيرة في أثناء جمع الجينوم البشري. وفي الحقيقة، ليس هناك ما يُدعى بـ «الجينوم البشري». إن كل جينوم بشري يختلف عن الآخر. وإلا لكنا جميعاً متماثلين. إن إعادة المزج اللانهائية لجينوماتنا وكل منها مماثل للآخر هي ما يجعلنا ما نحن، كأفراد وكنوع في آن واحد.

ولكن ما هو بالضبط هذا الشيء الذي ندعوه الجينوم*؟ وما هي الجينات؟ حسناً، لنبدأ بالخلية مرة أخرى. في داخل الخلية نواة وداخل كل نواة هناك الكروموسومات 46 رزمة من التعقيد، 23 منها تأتي من الأم و23 من الأب. وباستثناءات قليلة جداً، إن كل خلية في جسمك لنقل 99.999% منها تحمل المجموعة الكاملة نفسها من الكروموسومات. (الاستثناءات هي كريات الدم الحمراء، بعض خلايا الجهاز المناعي وخلايا البويضة والحيوان المنوي، التي لأسباب تنظيمية متنوّعة لا تحمل الرزمة الجينية الكاملة). تؤلف الكروموسومات المجموعة الكاملة من التوجيهات الضرورية لصناعتك والمحافظة عليك، وهي مصنوعة من أسلاك طويلة من المادة الكيماوية

* المجموع الجينيّ، أو المجموع المورّثي: مجموعة كاملة من الكروموسومات الأحادية الصّيغة مع الجينات أو المورّثات التي تشتمل عليها. المترجم.

العجيبـة التي تُدعى حمض ديوكسي ريبونيوكلييـك* أو الـ (DNA): «الجسيم الأكثر غرابة في العالم»، كما يُقال عنه.

يوجـد الــ (DNA) لسبب واحد لإنتاج المزيـد من الـ (DNA) وتمتلـك كثيراً منه في داخلـك: متران منه مضغوطـان في كل خلية تقريبـاً. إن كل قطعة من الـ (DNA) تشتمل على 3.2 بلايين رسالة مشفرة، ما يكفي لتقديم $10^{3,480,000,000}$ من الامتزاجات المحتملـة، «والمضمونة كي تكون فريدة ضد كل الاحتمالات القابلة للإدراك»، كما قال كريستيـان دي دوف Christian de Duve. انظر إلى نفسك في المرآة وفكر في حقيقة أنك تشاهد عشرة آلاف ترليون خلية، وكل منها تقريباً تحمل ياردتين من الـ (DNA) المضغـوط بكثافـة، وستبدأ بإدراك كـم تحمل من هذه المادة. لـو كان كل الـ (DNA) الذي لديك منسوجاً في سلك واحد رائع، لكان هنـاك ما يكفي منه كي يمتد من الأرض إلى القمر ثم إلى الأرض مرة أخرى، وليس مرة واحدة أو مرتين وإنما مرة بعد أخرى. ووفق أحد الحسابات، يمكن أن يكون لديك 20 مليون كيلومتر من الـ (DNA) مضغوط في داخلك.

إن جسدك، باختصار يحب أن يصنع الـ (DNA)، ودونه لا تستطيع أن تحيا. ولكن الـ (DNA) ليس حياً بنفسه. إن الـ (DNA)، كما هو، غير حي بخلاف كل الجسيمات الأخرى. إنه «بـين الجسيمات الأقل إبداعاً والأبلد كيميائياً في العالم الحي»، كما قال عـالم الوراثة رتشارد ليونتين. ولهذا يمكن استخراجه من بقع دم جافة أو من مني في تحقيقـات الجرائم، ويُستخرج من عظـام النياندرتاليين القدماء. ويشرح أيضاً لماذا استغـرق العلماء وقتاً طويلاً كي يستنتجوا كيف أن مـادة غير مهمة بشكل غامض أي غير حية، بتعبير آخر يمكن أن تكون في قلب الحياة نفسها.

كان الـ (DNA) - ككيان معروف - موجوداً أطول مما تظن. اكتشفه في عام 1869 جوهان فريدريك مايستشر Johann Friedrich Miescher، وهو عالم سويسري درّس في جامعـة توبنجـن في ألمانيـة. وبينما كان يفحـص بالمجهر قيح ضمـادات العمليات الجراحيـة، عثر مايستشر على مادة لم يتعرّف عليهـا وسماها النيوكليين (النَّووين)

* حمض نووي في نوى الخلايا خصوصاً، ويتحكم تحكماً كبيراً في عمليات الوراثة. المترجم.

لأنهـا تستقر في نوى الخلايـا. وفي ذلك الوقت، فعل مايستشير أكـثر من الانتباه إلى وجودهـا، ولكن النيوكليين بقي بوضـوح في ذهنه، لثلاث وعشرين سنة بعد ذلك، وفي رسالة إلى عمه، أثار احتمال أن جسيمات كهذه يمكن أن تكون وكلاء الوراثة. كان هذا اكتشافـاً فائقاً للعادة، ولكنه كان متقدماً علـى المتطلبات العلمية لزمنه التي لم تنتبه إلى ذلك مطلقاً.

وفي معظم نصف القرن اللاحق كان الافتراض الشائع هو أن المادة التي دعيت الآن بالـ (DNA) كان لها دور مساعد تقريباً في مسائل الوراثة. كانت بسيطة جداً. تحتوي على أربع مكوّنـات أساسية فقط، تُدعى nucleotides، التي كانت مثل الحصول على أبجدية بأربعة حروف فقط. كيف يمكن أن تكتب قصة الحياة بأبجدية بدائية كهذه؟ (والإجابة هي أنك تفعل ذلك كثيراً بالطريقة نفسها التي تخلق فيها الرسائل المعقدة بالنقـاط البسيطة، والقواطع الأفقية لنظـام مورس* عن طريق مزجها). لم يفعل الـ (DNA) أي شـيء مطلقـاً، بقدر مـا يستطيع أي شخص أن يقـول. كان يجلس هنـاك في النـواة فحسب، يربط على الأرجـح الكروموسومات بطريقة معيّنة، أو يضيف رشة حمضيـة على الأمـر، أو يقوم بمهمة أخـرى تافهة لم يفكر فيهـا أي شخص آخر. إن التعقيد الضروري، كما اعتُقد، كان يجب أن يوجد في البروتينات في النواة.

كان هنـاك مشكلتان – على أي حال – في رفض الـ (DNA). أولاً، كان هنـاك كثيرٌ منـه (متران في كل خليّة تقريباً) وهكذا من الواضح أن الخلايا قدرته بطريقة مهمة مـا. فضلاً عن ذلك، واصل الظهـور – كالمشتبه به في روايـة بوليسية – في التجارب. وفي دراستين، واحدة تتضمن بكتيريـا النيومونوكوكوس pneumonococcus وأخرى تشمـل ملتهمـة الجراثيـم** (الفيروسات التـي تصيب الجراثيـم)، إن الـ (DNA) أهميـةً لا يمكن أن تُشـرح إلا إذا كان دوره أكثر أهمية مما اعتقد الفكر السائد. وبيّن الدليل أن الـ (DNA) كان منخرطاً نوعاً ما في صناعة البروتينات، وهذه عملية حيوية

* نظام مؤلف من نقط وقواطع أو شرطات تمثل الأرقام أو حروف الهجاء يُستخدم لتوجيه الرسائل برقياً.

** أي من الفيروسات التي تُحلُّ الجراثيم. وهي توجد عادة في مياه البواليع وأقذارها، وفي أمعاء الإنسان والحيوان خصوصاً بعد الإبلال من إنتان بكتيري، وفي الصّديد والدم والبول. المترجم.

للحياة، مع ذلك كان من الواضح أيضاً أن البروتينات تُصنع خارج النواة، بعيداً عن الـ (DNA) الذي كان من المفترض أن يوجّه اجتماعها.

لم يستطع أحد أن يفهم كيف من المحتمل أن الـ (DNA) ينقل الرسائل إلى البروتينات. نعرف الآن أن الإجابة هي الحمض النووي الرِّيبي RNA (حمض الريبونيوكلييك)، الذي يعمل مترجماً بين الاثنين. وإنها لغرابة ملحوظة في البيولوجيا أن الـ (DNA) والبروتينات لا يتحدثان اللغة نفسها. فطوال 4 بلايين سنة تقريباً كانا الفعل المزدوج العظيم للعالم الحي، ومع ذلك يجيبان على شفرات غير متطابقة بشكل متبادل، وكأن واحداً يتحدث الإسبانية والآخر الهندوسية. وكي يتواصلا يحتاجان إلى وسيط في شكل الحمض النووي الرّيبي، عاملاً مع نوع ما من الموظف الكيميائي الذي يُدعى الجسيم الريبي*، يقوم الحمض النووي الريبي بترجمة المعلومات من (DNA) الخلية إلى مصطلحات تستطيع البروتينات فهمها والعمل عليها.

على أي حال، في أوائل التسعينيات، حيث نستأنف قصتنا، ما نزال بعيدين جداً عن فهم هذا أو في الواقع أي شيء تقريباً له علاقة بالعمل المشوّش للوراثة.

كان من الواضح أن هناك حاجة لتجربة ذكية وملهمة، وقد أنتج العصر شابّاً يمتلك القدرة والاستعداد على القيام بها. كان اسمه توماس هنت مورغان. وفي 1904، بعد أربع سنوات من إعادة الاكتشاف التي تمت في حينها لتجارب ميندل على نباتات البازلّاء – وقبل عقد من أن تصبح الجينة gene كلمة – بدأ يحقق إنجازات لافتة في حقل الكروموسومات.

اكتُشفت الكروموسومات مصادفة في عام 1888 ودعيت هكذا؛ لأنها كانت تمتص الصبغة، وهكذا كان من السهل رؤيتها بالمجهر. وعند انعطافة القرن اشتبه بقوة بأنها منخرطة في نقل السمات، ولكن لم يعرف أحد كيف – أو في الحقيقة إن كانت – تفعل هذا.

---

* أحد الجسيمات الدقيقة التي تتألف من بروتين وآر إن إي التي تقوم بتركيب البروتينات داخل الخلايا الحيّة. المترجم.

اختــار مورغان موضوعاً لدراسته عبارة عن ذبابة صغـيرة حسّاسة تُدعى رسميّاً ذبابــة النّدى، ولكنها تُعرف بشكل أكثر شيوعاً باســم ذبابة الفاكهة (أو ذبابة الخل، وذبابــة المــوز، وذبابة القمامــة). ويعرف جميعنــا أن ذبابة الندى حشــرة ضعيفة لا لــون لها يبدو أن لديهــا دافعاً إكراهياً كي تغرق في شرابنــا. أما كعيّنات مخبرية فإن لذباب الفاكهة ميّزات جذابة جداً: فإيواؤها وتغذيتها لا يكلفان شيئاً، يمكن أن تتكاثر بالملايــين في زجاجات الحليب، وتنتقل من البويضة إلى الأبوة المنتجة في عشرة أيام، أو أقل وفيها فقط أربع كروموسومات، تجعل الأشياء بسيطة بشكل ملائم.

عمــل في مختبر صغير (صار يُعرف باسم غرفــة الذبابة) في قاعة شرمرهون في جامعــة كولومبيــا في نيويورك، وانصرف مورغــان وفريقه إلى برنامــج من المزاوجة الموسوسة والتهجين لملايين الذبابات (أحد كتّاب السيرة يقول بلايين، بالرغم من أن هذا مبالغ فيه على الأرجح)، وكل منها يجب أن يتم اصطياده بملقاط صغير وتُفحص بمكـبّر صانــع مجوهرات من أجــل أي تنوعات صغــيرة في الوراثة. حاولــوا مدة ست سنــوات أن ينتجوا سلالات جديدة بأي طريقة تخطر على بالهم، يصدمون الذبابات بالإشعــاع وبأشعة إكســ، ويربونها في الضوء المشّع وفي الظلمــة، ويخبزونها بهدوء في الأفــران، ويدوّرونهــا بشــكل جنــوني في أجهزة الطرد ولكــن لم يعمــل أي شيء. كان مورغان على حافة الاستسلام حين حصل تناسل (طفرة) مفاجئ ومتكرر: ذبابة لها عينــان بيضاوان بدلاً من الحمراويــن المعتادتين. بهذا الفتح، كان مورغان ومساعدوه قادريــن على توليد تشوّهات مفيدة، سمحت لهم أن يتعقبوا سمة عبر أجيال متعاقبة. بوسائل كهــذه استطاعوا اكتشاف التواشج بين سمات معيّنــة وكروموسومات فردية، مبرهنين أخيراً أن الكروموسومات هي في قلب الوراثة مما أرضى الجميع تقريباً.

علــى أي حال بقيت المشكلة علــى المستوى الآتي من التعقيــد البيولوجي: الجينات الغامضــة والــ (DNA) الذي ألفهــا. كانت هذه أكــثر خداعاً بحيــث لا يمكن عزلها وفهمهــا. وفي أواخر 1933، حين مُنح مورغان جائــزة نوبل من أجل عمله، كان هنــاك كثــير مــن الباحثين غير المقتنعين بــأن الجينات موجودة. وكما قــال مورغان في ذلك الوقــت، لم يكــن هناك إجماع «عمــا هي الجينــات أو إن كانت حقيقيــة، أم من نسج الخيــال». يمكن أن يبــدو مدهشاً أن العلمــاء يمكن أن يصارعوا كــي يقبلوا الحقيقة

المادية لشيء ما جوهري للنشاط الخلوي، ولكن وكما يشير والاس وكينغ وساندرز في كتاب البيولوجيا: علم الحياة (ذلك الشيء الأكثر ندرة: كتاب جدير بالقراءة)، نحن اليوم في الموقف نفسه فيما يتعلق بالعمليات الذهنية كالفكر والذاكرة. نعرف أننا نمتلكها، ولكننا لا نعرف أي شكل مادي تتخذه، هذا إن فعلت ذلك. وكان الأمر هكذا مع الجينات لوقت طويل. إن فكرة أن تنتزع جينة واحدة من جسمك وتأخذها بعيداً من أجل الدراسة كانت سخيفة لكثير من أنداد مورغان، كفكرة أن العلماء اليوم يمكن أن يصطادوا فكرة ضالة ويفحصوها تحت المجهر.

ما كان صحيحاً بشكل مؤكد هو أن شيئاً ما مرتبطاً بالكروموسومات كان يوجّه تكاثر الخلايا. وأخيراً، في عام 1944 – بعد خمسة عشر عاماً من الجهد – نجح فريق في مؤسسة روكفلر في منهاتن يقوده كندي متوقّد الذكاء ولكنه غير واثق من نفسه يُدعى أوسفالد آفيري في تجربة مخادعة بشكل كبير، جُعلت فيها سلالة حميدة من البكتيريا مُعدية باستمرار عبر تهجينها بـ (DNA) غريب، مما برهن أن الـ(DNA) كان أكثر من جسيم هادٍ وأنه من المؤكد تقريباً أنه كان الوسيط الفاعل في الوراثة. وفيما بعد قال عالم الكيمياء الحيوية المولود في النمسا إرفن شارجاف Erwin Chargaff بكل جدية: إن اكتشاف آفيري كان يستحق جائزتي نوبل.

ولسوء الحظ، عارض آفيري أحد زملائه في المؤسسة، وكان هذا متحمّساً للبروتين قوي الإرادة وسيئ الطبع يُدعى ألفرد ميرسكي، الذي فعل كل ما بوسعه كي يشوه عمل آفيري، بما فيه – كما قيل – تعبئة السلطات في مؤسسة كارولينسكا في ستوكهولم؛ كي لا تمنحه جائزة نوبل. كان آفيري في ذلك الوقت في السادسة والستين من عمره ومتعباً، وغير قادر على التعامل مع الجدل والجهد، استقال من منصبه ولم يقترب أبداً من مختبر مرة أخرى. ولكن تجارب أخرى أجريت في أمكنة أخرى دعمت بشكل ساحق استنتاجاته، وفي الحال انطلق السباق للعثور على بنية الـ (DNA).

لو كنت شخصاً يحب المراهنة في أوائل الخمسينيات لراهنت بنقودك بالتأكيد على لينوس بولينغ Linus Pauling من كالتيك Caltech، عالم الكيمياء الأبرز في أمريكة؛ كي يفكك بنية الـ (DNA). لم يكن بولينغ يُضاهى في تحديد هندسة الجسيمات وكان

رائــداً في ميدان دراسة التبلّر بأشعة إكس، وهي تقنية ستبرهن أنها حاسمة للتحديق في قلـب الـ (DNA). وفي وظيفة مميزة بشكل كبير فاز بجائزتي نوبل (للكيمياء عام 1954 والسـلام عام 1962)، ولكـن فيما يتعلق بالـ (DNA)، صـار مقتنعاً أن البنية هـي لولـب ثلاثي، وليس مزدوجـاً، ولم يسر مطلقـاً على المسار الصحيـح. وبدلاً من ذلك، حقق الانتصار أربعة علماء في إنكلترة لم يعملوا كفريق، ولم يكونوا يتحدثون مع بعضهم وكانوا مبتدئين في هذا الميدان.

مـن الأربعة، كان الأقرب إلى الخبـير العلمي التقليدي هو موريسـ ولكينز، الذي أمضـى كثيراً مـن مدة الحـرب العالمية الثانيـة يساعـد في صناعة القنبلـة الذرية. أمـا روزاليـنـد فرانكلن وفرانسيس كريـك، فقد أمضيا سنوات الحـرب يعملان لدى الحكومـة البريطانية، وكان كريـك يعمل في صناعة الألغـام، وكان الآخر، فرانكلين، يعمل في المناجم التي تنتج الفحم الحجري.

كان الأكثر تجديداً بين الرباعيّ هو جيمس واتسون، الطفل العبقري الأمريكي الذي ميّـز نفسـه حين كان طفلاً بوصفه عضواً في برنامج إذاعـي مشهور جداً يدعى سؤال وإجابة للأطفال (وهكذا استطاع أن يكون على الأقل جزءاً من الإلهام لبعض أعضاء أسـرة جلاس في فـراني وزوني وأعمال أخرى لـ «ج.د.سالنجـر»)، الذي دخل جامعة شيكاغو في سن الخامسة عشرة. حصل على الدكتوراه في سن الثانية والعشرين وصار الآن مرتبطاً بمختبر كافندش الشهير في كمبريدج. وفي عام 1951، كان شخصاً ثقيل الحركـة برأس حيوي بشكل مدهش من الشعر، يظهر في الصور كأن مغناطيساً يشده خارج الإطار.

كان كريـك أكبر منه باثني عشر عامـاً، ولم يحصل على الدكتوراه بعد، كان شعره خشناً وكان أكثر ريفية. وفي رواية واتسن تم تقديمه بوصفه متبجّحاً ومتطفّلاً ومجادلاً بشـكل ممتـع، فاقداً للصـبر من أي شخـص يبطـئ في المشاركة في فكـرة، ومعرضاً باستمرار لخطر أن يُطلب منه الذهاب إلى مكان آخر. ولم يكن أيضاً مدرّباً في الكيمياء الحيوية.

وقـد افترضوا على نحو صحيـح كما تبيّن أنك إذا استطعـت تحديد حجم جسيم الــ(DNA) فستتمكّن من رؤية كيف فعل مــا فعله. كانوا يأملون أن يُنجزوا هذا – كما

بـدا – عبر القيـام بأقل قدر ممكـن من العمل وبما هـو ضروري فحسـب. وكما قال واتسـون (ولو بلمسة تخلو من البراعة) في كتابه السـيري اللولب المزدوج: «كان أملي أن تحُـلّ الجينة دون أن أتعلّم أي كيميـاء». لم يكونوا بالفعل معيّنين كي يعملوا على الـ (DNA)، وقـد أمروا مـرة أن يوقفوا هذا. كان واتسون يتقن ظاهريـاً فنّ البلورّيات؛ وكان من المفترض أن يكمل كريك أطروحة في تحييد أشعة إكس للجسيمات الكبيرة.

وبالرغـم من أن كريك وواتسون حظيا بالشهـرة في الروايات الشعبية بأنهما كانا أول من حل لغز الـ (DNA)، إلا أن فتحهما كان يعتمد بشكل حاسم على عمل تجريبي قـام به منافساهما، الـذي تم الحصول على نتائجه «بالمصادفـة»، كما عبّرت بلباقة المؤرخة ليزا جاردن. وكان يسبقهما بكثير – على الأقل في البداية – أكاديميان في كلية كينغ في لندن، هما ولكينز وفرانكلين.

كان ويلكينـز المولود في نيوزلندة شخصـاً متقاعداً، إلى درجة أنه كان غير مرئي. وفي فيلـم تسجيلي لـ PBS عن اكتشاف بنية الـ (DNA) الإنجـاز العظيم، الذي فاز بجائزة نوبل من أجله مع كريك وواتسون تم إهماله بشكل كامل.

كانت شخصية فرانكلـين الشخصية الأكثر غموضاً بينهم. وفي صورة حادة ودون أي مجاملة صور واتسون في كتابه «اللولب المزدوج» فرانكلن امرأة غير عقلانية وسرية وغـير متعاونة، وهذا ما بدا أنـه ضايقه بشكل خاص، أنها غـير جذابة جنسياً بشكل إرادي. سمـح بـ «لم تكن جذابة وكان يمكن أن تكون مذهلة لو أنها اهتمت بالثياب ولو قليلاً»، ولكنه في هذا خيّب كل التوقّعات. لم تستخدم أحمر الشفاه، قال متعجّباً، بينما إحساسها بالثياب «أظهر كل خيال مراهقي الجوارب الزرقاء الإنكليز»*.

على أي حال، كان لديها أفضل الصور في الوجود للبنية المحتملة للـ (DNA)، وقد تم إنجازها عن طريق أشعة إكس الخاصة بعلم البلّورات، وهذه هي التقنية التي أتمّها لينوس بولينغ. لقد استخدم علم البلّورات بشكل ناجح من أجل تحديد مواضع الذرات

* في عـام 1968، ألغـت مطبعة جامعـة هارفارد نشر **اللولب المزدوج** بعد أن شكا كريـك وويلكينز من وصفـه للشخصيـات، الذي قالت عنه ليزا جاردن: إنه «مؤذٍ بـلا مسوّغ». أما الوصف المذكور أعلاه فقد صيغ بعد أن خفف واتسون من تعليقاته.

في البلّـورات، ولكن جسيمات الـ (DNA) كانت فرضية أكثر صعوبة. نجحت فرانكلن فقـط في الحصول على نتائج جيدة من العملية، ولكنها رفضت أن تطلع الآخرين على مكتشفاتها مما سبّب السخط الدائم لدى ولكينز.

إن عـدم تعـاون فرانكلـن في مكتشفاتهـا لا يمكـن أن يضعها موضـع اللوم. ففي الخمسينيـات كانـت الأكاديميـات الإنـاث في كينـغ يعاملـن بـازدراء رسمـي يحيّر الحساسيات الحديثة (وبالفعل أي حساسيات). فمهما كن مبرزات أو كاملات، لم يكن يُسمح لهـن بالدخول إلى غرفة المتخرجين المشتركة، وإنما يجب أن يتناولن وجباتهن في غرفة معدة لأمور عملية أخرى. اعترفت واتسون أنها كانت «ضيقة وقذرة». فضلاً عـن ذلك، كان يُضغـط عليها باستمرار وأحيانـاً تتم مضايقتها كـي تشاطر الرجال الثلاثـة نتائجها، الذين نادراً ما ضاهى تلهّفهم للاطلاع على النتائج احترامهم لها. «أخشـى أن أقـول: إننا تبنّينا دومـاً موقف الراعي إزاءها» قال كريـك فيما بعد. كان اثنان من هؤلاء الرجال من مؤسسة منافسة وكان الثالث تقريباً يصف معهما. وهكذا لم يكن مفاجئاً أن تخفي نتائجها.

لم يكـن ولكينـز وفرانكلين على علاقة جيـدة وقد استغل واتسـون وفرانكلين هذا الأمـر. وبالرغم مـن أن الاثنين كانـا ينتهكان دون شعـور بالعار منطقـة ولكينز، إلا أنـه وقف معهما دوماً، وليس بشكل مفاجئ بمـا أن فرانكلين كانت قد بدأت تتصرّف بطريقـة غريبة. فبالرغـم من أن نتائجها أظهرت أن الـ (DNA) كان لولبيّ الشكل، أصـرّت علـى أنه لم يكن كذلـك. ومما سبب مقت ولكينـز واستياءه هـو أنها أرسلت في صيـف 1952 رسالـة ساخرة حول قسـم الفيزياء في كينغ قالت فيهـا: «بكل أسف علينا أن نعلن وفاة لولب الـ (DNA) يوم الجمعة، 18 تموز، 1952... نأمل أن يتحدث الدكتور م.إتش. ف. ولكينز في ذكرى اللولب المرحوم».

كانـت نتيجة كل هـذا هو أن ولكينز أطلـع واتسون في 1953 علـى صور فرانكلين، «على ما يبدو دون معرفتها وموافقتها». سننتقص من الأمر إن وصفناه بأنه مساعدة مهمة له فحسب. فبعد سنوات، اعترف واتسون «أنه كان الحدث الأهم... لقد عبّأنا». مسلحـين بمعرفة الشكل الأساسي لجسيم الـ (DNA) وبعض العناصر المهمة لأبعاده،

ضاعف واتسون وكريك من جهودهما. وبدا كأن كل شيء الآن يتضح. وفي إحدى المرات كان بولينغ في طريقه إلى مؤتمر في إنكلترة كان من المحتمل أنه سيلتقي فيه ولكينز ويعرف ما يكفي كي يصحح المفاهيم المغلوطة التي وضعته على خط البحث الخاطئ؛ ولكن كانت هذه حقبة مكارثي وقد تم احتجاز بولينغ في مطار أيدلوايلد في نيويورك، صودر جواز سفره، بتهمة أن مزاجه ليبرالي جداً، بحيث يجب ألا يُسمح له بالسفر خارج البلاد. كان لدى كريك وواتسون الحظ الجيد الذي لم يكن أقل ملاءمة، وهو أن ولد بولينغ كان يعمل في كانفدش وكان يطلعهما ببراءة على التطورات والنكسات في الوطن.

كانا لا يزالان يواجهان احتمال أن يتم التفوق عليهما في أي لحظة يكرس فيها واتسون وكريك نفسيهما للمشكلة. كان من المعروف أن الـ (DNA) يحتوي على أربعة مكوّنات كيميائية تدعى الأدينين والغوانين والسيتوسين والثيامين وأن هذه كانت تزدوج بطرق خاصة. وعبر اللعب بقطع من الكرتون مقطوعة على شكل الجسيمات، تمكّن واتسون وكريك من معرفة كيف تتلاءم القطع مع بعضها بعضاً. ومن هذه صنعا نموذج Meccano-like ربما الأكثر شهرة في العلم الحديث يتألف من صحون معدنية مثبّتة سوية في لولب، ودعيا ولكينز وفرانكلين وبقية العالم؛ كي يلقوا نظرة. كان بوسع أي شخص مطّلع أن يرى في الحال أنهما حلاّ المشكلة. كان دون شك قطعة رائعة من العمل البحثي، بدعم أو دون دعم من صورة فرانكلين.

نشر عدد 25 نيسان، 1953 من مجلة نيتشر مقالاً من 900 كلمة كتبها واتسون وكريك بعنوان «بنية الـ (DNA)». كان إلى جانبه مقالان منفصلان لكل من ولكينز وفرانكلين. كان وقتاً زاخراً بالأحداث في العالم، كان إدموند هيلاري على وشك أن يتسلق إلى قمة إفرست، بينما كانت إليزابيث الثانية على وشك أن تصبح ملكة متوجة، وهكذا فإن اكتشاف سرّ الحياة أُغفل بشكل كبير. وقد ذُكر بشكل ضئيل في نيو كرونيكل وأهمل في الأمكنة الأخرى جميعها.

لم تحصل روساليند فرانكلين على جائزة نوبل. ماتت من سرطان المبيض في سن السابعة والثلاثين في 1958، قبل أربع سنوات من منح الجائزة. وجوائز نوبل لا

تُمنح بعد الوفاة. ومن المؤكد أن السرطان نجم عن التعرض المفرط المزمن لأشعة إكس في أثناء عملها وكان يمكن تجنبه. وفي سيرتها الذاتية التي تُمدح فيها كثيراً، قالت بريندا مادوكس: إن فرانكلين نادراً ما ارتدت مئزراً عازلاً وكانت في غالب الأحيان تخطو بإهمال أمام الشعاع. لم يحصل أوزفالد آفيري على جائزة نوبل أيضاً وأهملته الأجيال اللاحقة بشكل كامل، بالرغم من أنه على الأقل عاش طويلاً بما يكفي كي يرى مكتشفاته وقد أثبتت في عام 1955.

لم يُؤكد اكتشاف واتسون وكريك حتى الثمانينيات. وكما قال كريك في أحد كتبه: «استغرق الأمر 25 سنة لنموذجنا من الـ (DNA) كي ينتقل من كونه قابلاً للتصديق، إلى كونه مصدقاً جداً... ومن هناك إلى كونه في الحقيقة مؤكداً».

وحتى هكذا، وبعد فهم بنية الـ (DNA) كان التقدم في علم الوراثة سريعاً، وفي عام 1968 نشرت مجلة ساينس مقالاً بعنوان «كانت تلك البيولوجيا الجسيمية التي كانت»، مقترحاً أن عمل علم الوراثة شارف على النهاية تقريباً.

إن في علم الوراثة في بدايته في الواقع. -وحتى الآن هناك- كثيراً عن الـ (DNA) الذي بالكاد فُهم، وليس لأن كثيراً منه لا يبدو بالفعل أنه يفعل أي شيء. يتألف 97% من الـ (DNA) الخاص بك من امتدادات طويلة من التحريف الذي لا معنى له: «سقط» أو «(DNA) غير مشفّر» كما يفضل علماء الكيمياء الحيوية القول. وتعثر هنا وهناك في كل شريط على أقسام تتحكم بوظائف حيوية وتنظّمها. هذه هي الجينات الغريبة والمخادعة.

ليست الجينات سوى توجيهات لصناعة البروتينات. وتقوم بهذا الأمر بإخلاص بليد مؤكد. وبهذا المعنى، هي تشبه مفاتيح البيانو، يعزف كل منها لحناً مفرداً فحسب، وهذا ممل كما يبدو ورتيب. ولكن مزج الجينات، كما تمزج مفاتيح البيانو، وبوسعك أن تنتج منظومات نغميّة وألحاناً لا نهاية لتنوّعها. ضع كل هذه الجينات سوية (لنكمل الاستعارة) وسوف تحصل على سيمفونية الوجود العظيمة التي تعرف باسم الجينوم البشري.

إن الطريقــة البديلــة والأكــثر شيوعــاً لفهــم الجينوم هــي اعتباره كتيّــب توجيه للجســم. إذا نُظر إليــه بهذه الطريقة، يمكن تصــوّر الكروموسومات كفصول الكتاب والجينــات على أنها التوجيهات الفردية لصناعة البروتينات. أما الكلمات التي كتبت بها التعليمات فتُدعــى الراموزات أو الكودات والأحرف تعرف باسم القواعد. وتتألف القواعــد أحرف الأبجدية الجينيــة من 4 نيوكليوتيد ذكرناها منــذ صفحة أو اثنتين: الأدينــين والثيامــين والغوانين والسيتوسين. وبالرغم من أهمية مــا يفعلونه، فإن هذه المــواد غــير مصنوعة مــن أي شيء غريــب. إن الغوانين مثلاً، هو المــادة نفسها، التي تتكاثر في سماد الغوانو، وتمنح اسمها له.

إن شــكل جسيــم الـ (DNA) - كما يعــرف الجميع - هو مثــل درج لولبي أو سلم حبــال مائل: اللولب المــزدوج المشهور. الأجــزاء العليا من هذه البنيــة مصنوعة من نــوع من السكّر يدعى الريبوز منقوص الأوكسجين واللولب كله هو حمض نووي، ومن هنــا جاء اســم «الحمض النووي الريبــي». وتتشكل الدرجات مــن قاعدتين تتضمان عــبر الفراغ الــذي بينهما، ويمكن أن تمتزجا بطريقتين فقــط: يتوافق الغوانين دوماً مــع السيتوسين ويتوافق الثيامين دوماً مع الأدينــين. إن الترتيب الذي تظهر فيه هذه الحروف فيما تصعد، أو تنزل على السلّم يشكّل شفرة الـ (DNA)؛ وقد اكتشف ذلك مشروع الجينوم البشري.

يكمــن التألق الخاص للــ (DNA) في أسلوب تكاثره. حين يحين وقت إنتاج جسيم (DNA) جديــد، يغادر السلكان الوسط، مثل السحّــاب في سترة، ويذهب كل نصف كــي يشكّل شريكاً جديــداً. ولأن كل نيوكليوتيد nucleotide على طول السلك ينسجم مــع نيوكليوتيد محدد آخر، فإن كل سلك يخدم كقالــب (جزيء) لخلق سلك مشابه جديد. إذا كنت تملك فقط خيطاً واحداً من الـ (DNA) الخاص بك، فإنك تستطيع بسهولة كافيــة أن تعيد بناء الجانب الملائم عبر استنتــاج الشراكات الضرورية: إذا كانت الرافدة العليا على الخيط مصنوعة من الغوانين، فستعرف عندئذ أن الرافدة العليــا علــى الخيــط الملائم يجب أن تكــون السيتوســين. اهبط علــى السلّم عبر كل مزاوجــات النيوكليوتيــد وفي النهايــة ستحصل على الشفرة من أجــل جسيم جديد.

وهـذا تماماً مـا يحدث في الطبيعة، عدا أن الطبيعة تفعلـه بسرعة: في ثوانٍ فحسب، وهذا إنجاز عظيم.

يتضاعـف الـ (DNA) الخاصـ بنـا بدقـة مطيعة في غالـب الوقـت، ولكن فقط أحيانـاً فقط مرة من مليون تصل رسالـة إلى المكان الخطأ. وهذا يُسمّى تعدد أشكال النيوكليوتيـد، أو SNP، ويعرفه علماء الكيمياء الحيوية باسم Snip. وتدفن snips في امتـدادات الـ (DNA) غير المشفـر وليس لها تأثير سلبي قابـل للرصد على الجسد. يمكن أن تتركك عرضة لمرض معين، ولكنها تقدم فائدة معينة أيضاً: اختضاب مثلاً، أو إنتاج متزايد لكريات الدم الحمراء لشخص ما يعيش في منطقة مرتفعة.

مـع مرور الزمن، تتراكم هـذه التعديلات الضئيلة في الأفراد وفي السكان، وتسهم في تميّز الاثنين.

إن التـوازن بـين الصحّـة والأخطـاء في المضاعفـة رائـع. إذا حدثـت كثيرٌ من الأخطـاء فـإن المتعضّـي لا يستطيـع العمل، ولكـن إذا حـدث عدد قليل منهـا فإنه يضحّي بقابليته علـى التكيّف. يجب أن يوجد توازن مشابه بين الاستقرار والتجديد في متعضـ. إن ازدياد كريات الدم الحمراء يمكـن أن يساعد الشخص أو المجموعة التـي تعيش في مناطق مرتفعـة على التحرك والتنفّس بسهولـة أكبر؛ لأن المزيد من الكريـات الحمراء تستطيع أن تحمل المزيد من الأوكسجين. ولكن كريات دم حمراء إضافيـة يمكـن أن تجعل الدم كثيفـاً. أضف كثيراً وسيكون «مثـل ضخ النفط»، كما عـبّر عالم الأنثروبولوجيا في جامعة تمبل تشارلز ويتز Cahrles Weitz. هذا صعب علـى القلب. وهكذا، إن المصممين للعيش في المرتفعات العالية يحصلون على فاعلية تنفّسيـة زائدة، ولكن يدفعون مقابلها قلوباً معرضـة لمجازفات عالية. بهذه الوسيلة يعتنـي بنا الاصطفـاء الطبيعي الخاص بدارون. يساعد أيضـاً على شرح لماذا نحن جميعنا متشابهون.

إن التطـور لـن يجعلك ببساطة مختلفاً جداً، ليسـ دون أن تصبح نوعاً جديداً، بأي حال.

إن فـرق 0.1% بين جيناتك وجيناتي تفسّره السنيبات Snips الخاصة بنا. والآن، إذا قارنـت الـ (DNA) الخاص بك مع (DNA) شخص ثالـث، فسيكون هناك أيضاً 99.9% مـن التواشج، ولكن السنيبـات Snips – في معظم الأحيان – تكون في مناطق مختلفة. أضـف المزيد من الناس إلى المقارنة وستحصل على المزيد من السنيبات في مزيـد مـن الأمكنة. فكل واحدة مـن قواعدك التي يبلغ عددهـا 3.2 بلايين، في مكان مـا علـى الكوكب سيكون هناك شخص، أو مجموعة مـن الأشخاص، بتشفير مختلف في ذلـك الموقع. لدينـا 6 بلايين منها. نحن متشابهون بنسبـة 99.9%، ولكن بالمقابل – وكمـا عبّر عالم الكيمياء الحيوية ديفد كوكـس – «بوسعك القول: إن البشر كلهم لا يشتركون في أي شيء، وسيكون هذا صحيحاً، أيضاً».

ولكـن لا يزال علينـا أن نشرح لماذا قليل من الـ (DNA) لـه أي هدف قابل للتمييز. يبـدأ بأن يصبح مثيراً للأعصاب، ولكن يبدو في الحقيقة كأن هدف الحياة هو جعل الـ (DNA) مستمراً. إن 97% من الـ (DNA) الخاص بنا الذي يُدعى بشكل شائع بالسقط هـو مصنوع بشكل كبير من مجموعات من الرسائل التي، كما يقول مات ريدلي: «توجد للسبب البسيط والصرف هي أنها جيدة في نسخ نفسها»*. إن معظم الـ (DNA) الخاص بك – بتعبير آخر – يريد فقط أن يكون، والـ (DNA) هو ما يجعله هكذا.

وحتـى حين يحتوي الــ (DNA) على توجيهات لصناعة الجينـات حين يشفّر لها، كمـا قال أحـد العلماء فهو لا يقوم بعمل خفيف كما نتصـور، إن أكثر الجينات شيوعاً لدينا هي من أجل البروتين وتُدعى المُنسخ المقلوب reverse transcriptase، وليس لها وظيفـة مفيدة معروفـة في الكائنات البشرية مطلقاً. إن الشيء الوحيد الذي تفعله هو أنها تجعل الفيروسات الارتجاعية مثل الـ (HIV) (المسبب للإيدز) تنزلق غير مرئية داخل الجهاز الإنساني.

* لل (DNA) استخدام. إنه يستخدم في البصمات. وقد اكتشفت عمليته من أجل هذا الهدف بالمصادفة مـن قبل أليـك جيفريز، وهو عـالم في جامعة لاشيسـتر. وفي 1986 كان جيفريـز يدرس متتاليات الــ(DNA) مـن أجل محـددات وراثية لهـا علاقة بالأمراض الوراثيـة، وحين طلبت منـه الشرطة المساعدة في ربط مجرم بجريمتين أدرك أن تقنيته يجب أن تعمل بشكل تام في حل الجرائم، وهكذا برهنت. وحُكم على خباز اسمه كولن بتشفورك بالسجن مدى الحياة من أجل الجريمة.

بتعبير آخـر، إن أجسادنا تخصص طاقة معتبرة لإنتاج البروتين الذي لا يفعل أي شيء مفيد وأحياناً يضربنا بقسوة. ولا خيار لأجسادنا سوى أن تصنعه؛ لأن الجينات تأمـر به. إننا قـوارب لنزواتهـا. إن نصف الجينـات البشرية تقريبـاً النسبة الأكبر المعروفـة في أي متعض لا تفعل أي شيء مطلقـاً – بقدر ما نستطيع القول – سوى أنها تعيد إنتاج نفسها.

إن المتعضيـات جميعهـا هـي بمعنى مـا عبيـد لجيناتها. لهـذا السبـب السلمون والعناكب وأنماط أخرى من الكائنات التي لا تُحصى تقريباً مستعدة للموت في عملية التزاوج. الرغبة في أن تلد، وأن توزع جيناتك، هذا هو الدافع الأقوى في الطبيعة. وكما عـبّر شروين ب. نولانـد: «إن الإمبراطوريات تسقط، والأنـواع تنفجر، والسفمونيات العظيمـة تُؤلف، وخلفهـا كلها هناك غريزة واحدة تتطلـب الإشباع». ومن وجهة نظر تطورية، إن الجنس هو فقط آلية مكافأة لتشجيعنا على تمرير مادتنا الجينية.

لم يستوعب العلماء جيداً الأنباء المفاجئة بأن معظم الـ(DNA) الخاص بنا لا يفعل أي شـيء حـين بدأت مكتشفات أكثر إدهاشاً بالظهور. وقـام العلماء – أولاً في ألمانية، ثـم في سويسرة – بتجارب غريبة أدت إلى نتائج غير غريبة. في إحدى هذه التجارب، أخـذوا الجينة التـي تتحكم بتطوّر عين فـأرة وزرعوها في يرقة ذبابـة فاكهة. وكانت الفكـرة هـي أنها يمكن أن تُنتـج شيئاً ما غرائبياً. وفي الحقيقـة، إن جينة عين الفأرة لم تصنـع عيناً قابلة للحيـاة في ذبابة الفاكهة، لقد صنعت عين ذبابة. وهنا مخلوقان لم يشـتركا في أي سلف لخمس مئة مليون عام، ومـع ذلك يستطيعان أن يتبادلا المادة الوراثية كأنهما شقيقان.

كانت القصة نفسها تحـدث أينما نظر الباحثون. اكتشفوا أنهم يستطيعون زراعة الـ (DNA) البشـري في خلايا معيّنة للذباب وسيقبله الذبـاب وكأنه له. إن أكثر من 60% من الجينات البشرية – كما تبيّن – هي جوهرياً نفس التي عثر عليها في ذبابات الفاكهة. ويتواشج على الأقل 90% على مستوى ما مع تلك المكتشفة في الفئران. (لدينا أيضـاً الجينات نفسهـا لصناعة الذيل، فقط لـو أنها تريد أن تعمـل). وفي حقل بعد آخـر، اكتشف الباحثون في أي متعض يعملون عليـه سواء أكان من الديدان الخيطية،

أو الكائنــات البشرية أنهم كانوا يدرسون جوهرياً الجينــات نفسها. وبدا كأن الحياة استُمدت من مجموعة واحدة من برامج العمل.

اكتشف المزيـد من الأبحاث وجود مجموعة من الجينـات الرئيسة المتحكمة، وكل منها تدير تطور قسم من الجسم، التي دُعيت بالمتجانسة أو hox genes. وقد أجابت هذه الجينات عن السؤال الذي حيّر العلماء طويلاً، وهو كيف إن البلايين من الخلايا الجنينية، التي تنشأ من بويضة واحدة مخصّبة، وتحمل (DNA) مماثلاً، تعرف أين تذهـب ومـاذا تفعل: تصبح هذه خلية كبد، وتلك خلية عصبية مرنة، وتلك فقاعة من الدم، وتلك جزءاً من وميض في جناح خافق. إن جينات hox هي التي ترشدها، وتفعل ذلك لكل المتعضيات بالطريقة نفسها.

من المهم أن نعرف أن كمية المادة الوراثية وكيفية تنظيمها لا تعكسان بالضرورة - أو حتى عامة - مستوى تعقيد الكائن الذي يحتوي عليها. لدينا 46 من الكروموسومات، ولكن بعض الأشنيات لديها أكثر من ست مئة. إن السمك الرّئوي، الأقل تطوراً من بين كل الحيوانـات المعقـدة، يمتلك من الـ (DNA) أكثر بأربعـين مرة منا. وحتى سمندل الماء الشائع هو أغنى وراثياً منا بخمس مرات.

إن مـا يهـم ليس هو عدد الجينـات التي تملكها، أو ما تفعله بهـا. وهذا شيء جيد جـداً؛ لأن عـدد الجينات في البشر تلقى ضربة كبيرة حديثـاً. فحتى وقت متأخر كان يُعتقـد أن البشر لديهم مئة ألف جينة على الأقل، أو أكثر، لكن نتائج مشروع الجينوم البشري خفّضتْ العدد بشكل كبير، واقترحت عدداً هو 35 ألف أو 40 ألف جينة، وهو العدد نفسه تقريباً الذي يوجد في العشب. كان مفاجأة وخيبة أمل.

لن يفوت انتباهك أن الجينات متضمنة بشكل شائع في أي عدد من حالات الضعف البشـري. فقد صـرّح العلماء المبتهجـون في أوقات مختلفة بأنهـم اكتشفوا الجينات المسؤولة عـن السمنة، والشزفرينيا، والشذوذ الجنسـي والجريمة والعنف والإدمان علـى الكحول، وحتى سرقـة المعروضات والتشرّد. وربما كانـت ذروة هذا الإيمان في الحتميـة البيولوجيـة دراسة نُشرت في مجلـة ساينس في عام 1980 التـي قالت: إن

النساء هن جينياً أضعف في الحساب. وفي الحقيقة نحن لا نعرف الآن أي شيء عنك هو بهذه البساطة.

هـذا مثير للأسف بمعنـى ما، ذلك أنه لو كان لديك جينـات فردية تحدد الطول أو الاستعـداد الفطري للسكّري أو الصلـع أو أي صفة أخرى مميّزة، فعندئذ سيكون مـن السهـل نسبياً عزلهـا وإصلاحها. ولسـوء الحظ، إن 35 ألف جينـة تعمل بشكل مستقـل لا تكفي لإنتاج نـوع التعقيد الجسدي الذي يصنع كائنـاً بشرياً راضياً. ومن ثـمّ، من الواضح أن الجينات يجـب أن تتعاون. إن بعض الاضطرابات مثل النُّزاف ومرض باركنسـون ومرض هنتنغتون واللِّيفة الكيسيّة هـي ناجمة عن جينات وحيدة معطّلة، ولكـن كقاعدة إن الجينات المعطلة تُستأصل عبر الاصطفاء الطبيعي قبل أن تصبـح مزعجة لنوع أو لسـكان بوقت طويل. إن راحتنا ومصيرنا وحتى لون أعيننا لا تحددهمـا الجينات الفردية وإنما تعقيدات من الجينـات التي تعمل متحالفة. ولهذا السبـب مـن الصعب معرفة كيف تتلاءم كلها سوية ولمـاذا لا نستطيع أن ننتج أطفالاً في القريب العاجل.

والواقـع أن الأمور تزداد تعقيداً في السنوات الأخيرة كلما ازدادت معرفتنا. وتبيّن أنـه حتى التفكير يؤثر في كيفية عمل الجينات. إن سرعة نمو لحية شخص ما، مثلاً، هـي ناجمة جزئياً عن كونه يفكّر كثـيراً بالجنس (لأن التفكير في الجنس يُنتج زيادة في الهرمونات الذكرية). وفي أوائل التسعينيات قام العلماء باكتشاف أكثر عمقاً حين تمكنـوا من استخراج جينات حيويـة من فأرة جنينية، واكتشفـوا أن الفئران لا تولد بصحـة جيدة فحسب وإنما هي أنسب مـن أبناء نوعها الذين لم تتصل معهم. وحين تم تدمير بعض الجينات المعيّنة المهمّة، تبيّن أن أخرى كانت تخطو لملء الفراغ. كانت هـذه أنباء ممتـازة لنا كمتعضيـات، ولكنها ليست جيدة، هكـذا لفهمنا لكيفية عمل الخلايـا، بما أنها أدخلت طبقة إضافية مـن التعقيد إلى شيء ما بالكاد بدأنا نفهمه على أي حال.

وبسبـب هـذه العوامل المعقـدة نُظر إلى تفكيـك الخلية البشريـة كبداية فحسب. إن الجينـوم، كما عبّر إريك لندر من معهـد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا، هو كقائمة

أجزاء للجسد البشري: يخبرنا مما نحن مصنوعون، ولكن لا يقول أي شيء عن كيفية العمل. ما نحن بحاجة إليه الآن هو الكتيب العملياتي: توجيهات عن: كيف نجعل الأمور تتم. لسنا قريبين من هذه النقطة بعد.

وهكـذا، فإن البحث يتركز الآن علـى تفكيك البروتيوم proteome البشري، وهذا مفهوم حديث، بحيث إنّ مصطلح البروتيوم لم يوجد قبل عقد. إن البروتيوم هو مكتبة المعلومات التي تنشئ البروتينات. «ولسوء الحظ»، قالت مجلة ساينتيفيك أمريكان في ربيع 2002: «إن البروتيوم أكثر تعقيداً من الجينوم بكثير».

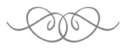
هذا هو التعبير اللطيف عن الموضوع. إن البروتينات - كما تتذكرون - هي أحصنة عمـل الأنظمة الحية جميعها؛ بما أن مئات الملايين منها يمكن أن تكون مشغولة في أي خليـة في أي لحظـة. إن محاولة فهمـه تتطلب نشاطاً كبيراً. والأسـوأ هو أن سلوكيات ووظائـف البروتينـات لا تستنـد فقـط على كيميائهـا، كما هـو الأمر مـع الجينات، وإنمـا أيضاً على أشكالها. وكـي يعمل البروتين ينبغي ألا يحصـل فقط على المكوّنات الكيميائيـة الضرورية، وأن تُجمع بشكل ملائم، ولكنهـا يجب أيضاً أن تُطوى في شكل محـدد جداً. «إن الطوي هـو المصطلح المستخدم ولكنه مضلِّل بمـا أنه يوحي بترتيب هندسـي لا ينطبق علـى الأمر في الحقيقـة. إن البروتينات تتدوّر وتلتـفّ وتتغضّن في أشكال هي مسرفة ومعقّدة في آن واحد. إنها تشبه مشاجب معاطف مشوّهة أكثر مما تشبه مناشف مطوية.

فضـلاً عـن ذلـك، إن البروتينـات (إذا كان من الممكـن السمـاح لي باستخدام لفظـة مهجورة) هي مستهترو العـالم البيولوجي. فبحسب المزاج وظرف الاستقلاب، تسمح لنفسها بأن تكـون مشبعة بالفسفور، أو بالغلوكوز، وبالأسيتيل، وكلية الحضور، farneysylated، ومكبرتـة ومتصلة بـ glycophosphatidylinositol anchors بين أمـور أخـرى كثيرة. وفي الغالب يستغـرق الأمر نسبياً وقتاً قليـلاً لجعلها تنطلق، على مـا يبدو. اشرب كأسـاً من النبيذ - كما تقـول مجلة ساينتفيك أمريـكان - وستقوم بتغيـير عدد وأنمـاط البروتينات بشكل كبير في جهازك. هـذا ممتع للشاربين، ولكنه غير مساعد لعلماء الوراثة الذين يحاولون فهم الذي يجري.

يمكــن أن يبــدو كل شــيء معقداً بشكل مستحيــل، وبطرق ما هنــاك أيضاً بساطة متضمنة في كل هذا بسبب وحدة متضمنة جوهرية بنحو مساوٍ في طريقة عمل الحياة. إن العمليات الكيميائية الصغيرة البارعة جميعها التي تحيي الخلايا الجهود التعاونية للنكليوتيــد، نســخ الــ (DNA) في الـ (RNA) تطــورت مرة واحدة وبقيــت ثابتة منذ ذلــك الوقت في الطبيعة كلها. وكما يقول عالم الوراثــة الفرنسي جاك مونو Jacques Monod، نصــف ساخــر: «إن أي شيء يصح على بكتيريا غــرام يجب أن يصح على الفيلة، ولا يصح على أمور كثيرة».

إن كل مــا هــو حي هــو توضيح لخطــة أصلية واحــدة. وكوننا بشــراً فنحن مجرد زيــادات كل واحد منــا أرشيف عفن من التعديــلات والتكيفــات، وإصلاحات العناية الإلهيــة يعود إلى 3.8 بلايين سنة. ومن اللافت أننا أقرب إلى الفاكهة والخضراوات. إن نحو نصف العمليات الكيميائية التي تجري في موزة هي جوهرياً نفسها كالعمليات الكيمياوية التي تحدث فيك.

لا يمكــن القول في غالب الأحيــان: إن كل الحياة واحدة. هذه أعمق مقولة سبق أن طُرحت وأظن أنها ستحظى ببرهان أبدي.



الباب السادس

الطريق إلينا

انحدرنـا من القرود! يا عزيـزي، لنأمل أن هذا ليس صحيحاً، ولكن إن كان صحيحاً، فلنصلِّ ألا يُعرف بشكل عام.

ملاحظـة تُعزى إلى زوجـة أسقف ورشستر بعـد أن شُرحت لها نظرية دارون في النشوء.

الفصل السابع والعشرون

زمن الجليد

رأيت حلماً، لم يكن كله حلماً

انطفأت الشمس المشعة، وتجولت

النجوم...

بايرون، «الظلمة»

في عـام 1815، وفي جزيرة سومبـاوا في إندونيسيا انفجر جبل كان جميلاً وهادئاً لوقت طويل يدعى تامبورا بشكل هائل، وقتل مئة ألف شخص هو والتسونامي المترافق معه. لم يسبق أن رأى أحد عنفاً كهذا. كان انفجار تامبورا أكبر من أي شيء سبق أن جربـه أي إنســان حي. كان أكبر انفجار بركاني طيلة عشرة آلاف عام. كان أكبر بمئة وخمســين مرة من جبـل سينت هيلينز، ومعادلاً لستين ألف قنبلـة نووية من وزن التي استُخدمت في هيروشيما.

لم تنتقل الأنباء بسرعة في تلك الأيام. وفي لندن نشرت التايمز قصة قصيرة وفي الحقيقة رسالة من تاجر بعد سبعة أشهر من الحدث. وفي ذلك الوقت كانت تأثيرات تامبـورا قد شُعر بها سابقاً. انتشــر مئتان وأربعون كيلومتراً مكعباً من الرماد المدخن والغبـار والرمل الناعم في الجو حاجباً أشعة الشمس ومبرّداً الأرض. كانت الغروبات ملونـة بشكل غير معتاد ولكنها غـير واضحة، وهذا تأثير التقطـه الفنان ج.م.دبليو. تيرنــر، الذي مـا كان من الممكـن أن يكون أسعد مـن ذلك، ولكن العـالم عاش تحت حجــاب غسقي مزعج. كانت هذه العتمة المهلكة هي التي ألهمت بايرون كي يكتب تلك الأبيات المقتبسة أعلاه.

لم يـأتِ الربيع أبداً ولم يأتِ الصيف بالدفء: 1816 صار يُعرف بالعام الذي دون صيف. لم تنمُ المحاصيل في كل مكان. وفي أيرلندة ترافقت المجاعة مع مرض التيفوئيد

الذي قتل خمسة وستين ألف شخص. وفي نيو إنجلاند، صار يُعرف العام بشكل مشهور 1800 والتجمد حتى الموت. وتواصل الصقيع الصباحي حتى حزيران ولم تنمُ تقريباً أي بذرة مزروعة. وبسبب نقص العلف نفقت الحيوانات أو كان يجب أن تُذبح قبل الأوان. كان عاماً مقيتاً في كل شيء، ومن المؤكد أنه كان أسوأ عام للمزارعين في الأزمنة الحديثة. ومع ذلك لم تنخفض الحرارة في العالم أقل من 1 درجة مئوية. إن منظّم حرارة الأرض - كما يعرف العلماء - أداة حساسة بشكل مفرط.

كان القرن التاسع عشر بارداً. ذلك أن أوروبة وأمريكة الشمالية كانتا تمران طيلة مئتي عام في عصر جليدي قصير، كما صار يُعرف، مما سمح بحوادث الشتاء جميعها كعروض الجليد على نهر التايمز، وسباقات التزحلق على طول القنوات الهولندية التي هي مستحيلة الآن تقريباً. بتعبير آخر، كانت مدة لم يستوعب برودتها البشر. وهكذا ربما يمكننا أن نعذر علماء الجيولوجيا في القرن التاسع عشر لكونهم بطيئين في إدراك أن العالم الذي عاشوا فيه، كان في الحقيقة معتدلاً بالمقارنة مع الحقب السابقة، وأن كثيراً من الأرض التي حولهم صاغتها كتل الجليد الضخمة الساحقة البرد الذي يستطيع أن يدمر حتى العروض الجليدية.

كانوا يعرفون أن هناك شيئاً غريباً حيال الماضي. كان المشهد الأوروبي منقطاً بشذوذات غير قابلة للشرح كعظام الرنة القطبية، التي عُثر عليها في الجنوب الفرنسي الدافئ، والصخور الضخمة المعلّقة في أماكن غير مرجّحة، وكانوا دائماً يأتون بشروح مبتكرة، ولكن غير قابلة للتصديق على نحو كبير. وكان هناك عالم طبيعة فرنسي يدعى دي لوك، حاول أن يشرح كيف أن جلاميد الغرانيت استقرت عالياً على الجوانب الكلسية لجبال جورا، مقترحاً أن الهواء المضغوط في الكهوف أطلقها إلى هناك، مثل فلينات من بندقية هواء. إن المصطلح الذي يُستخدم لجلمود نازح هو ضالّ، ولكن في القرن التاسع عشر كان التعبير يبدو كأنه ينطبق على النظريات أكثر مما ينطبق على الصخور.

اقترح عالم الجيولوجيا البريطاني العظيم آرثر هالام أنه لو أن جيمس هتون - أبو الجيولوجيا في القرن الثامن عشر - زار سويسرة لرأى على الفور أهمية الأودية

المنحوتة، والتثلّمات المصقولة، والخطوط الشاطئية المعبّرة حيث رميت الصخور، والمفاتيح الأخرى كثيرة التي تشير إلى مرور كساء جليدي. ولسوء الحظ، لم يكن هتون مولعاً بالأسفار. ولكن بالرغم من أنه لم يكن تحت تصرفه شيء أفضل من قصص مستعملة، رفض هتون حالاً فكرة أن الطوفانات نقلت الجلاميد الضخمة إلى ارتفاع ألف متر على جانبي الجبال، وأشار إلى أن كل مياه العالم لن تجعل جلموداً يطفو وكان أول من قال بالتحاتّ الجليدي* الواسع الانتشار. ولسوء الحظ لم ينتبه أحد إلى أفكاره، وواصل معظم علماء الطبيعة مدة نصف قرن آخر إصرارهم على أن الأخاديد، التي على الصخور يمكن أن تُعزى إلى مرور العربات، أو خدش أحذية يوجد مسامير في نعالها.

أما الفلاحون المحليون - الذين لم تلوثهم الأرثوذكسية العلمية - فقد كانوا يعرفون بشكل أفضل. روى عالم الطبيعة جان دي شاربنتييه Jean de Charpentier قصة كيف كان يسير في عام 1834 في ممرّ ريفي ضيّق مع حطّاب سويسري، حين بدأا الحديث عن الصخور التي إلى جانب الطريق. أخبره الحطاب في الحقيقة أن الجلاميد أتت من جريمسيل، وهي منطقة غرانيتية تبعد قليلاً. «وحين سألته كيف يظن أن هذه الصخور وصلت إلى موقعها، أجاب دون تردد: إن مجلدة جريمسيل نقلتها إلى جانبي الوادي؛ لأن تلك المجلدة امتدت في الماضي بعيداً حتى مدينة برن».

كان شاربنتييه مسروراً؛ لأنه وصل بنفسه إلى وجهة نظر كهذه؛ ولكن حين أثار الفكرة في الاجتماعات العلمية، رُفضت. وكان من أقرب أصدقاء شاربنتييه عالم طبيعة سويسري آخر يدعى لويس آجاسيز Louis Agassiz، الذي صار بعد قليل من الارتياب مناصراً للنظرية بشكل ملائم في النهاية.

درس أجاسيز على يد كوفييه Cuvier في باريس، ثم شغل منصب أستاذ التاريخ الطبيعي في كلية نيوشاتيل في سويسرة. وكان من أصدقاء أجاسيز الآخرين عالم النبات كارل شيمبر Karl Schimper الذي كان في الحقيقة أول من نحت مصطلح «العصر الجليدي» (وهو بالألمانية Eiszeit) في عام 1837، وأول من اقترح أن هناك

* تغيّر سطح الأرض من طريق التحاتّ الجليدي والترسّب بفعل المجلدات. المترجم.

أدلة كافية لإظهار أن الجليد تراكم مرة بشكل سميك ليس فوق جبال الألب السويسرية فحسب وإنما أيضاً فوق أوروبة وآسية وأمريكة الشمالية. كانت تلك نظرية راديكالية. أعـار أجاسيز ملاحظاته، ثم ندم على ذلـك كثيراً؛ لأن أجاسيز هو الذي حصل على الجـدارة لما شعر به شيمبر، وكان نظريته بشـكل شرعي. وصار شاربنتييه في النهاية عـدواً لدوداً بشـكل مشابه لصديقـه القـديم. إن ألكسندر فون همبولـت، الذي كان صديقـاً آخر، ربما كان يفكر بأجاسيز حين قال: إن هنـاك ثلاث مراحل في الاكتشاف العلمـي: أولاً، ينكـر النـاسـ أنه صحيح؛ ثم ينكـرون أنه مهم؛ ثـم في النهاية يكرّمون الأشخاص الخطأ.

علـى أي حال، جعـل أجاسيز الميـدان ميدانه. ففـي بحثه لفهم ديناميـة التحاتّ الجليدي ذهب إلى الأمكنة جميعها. هبط عميقاً في الصدوع الخطرة وتسلق إلى قمم الألـب الأكثر وعـورة، وفي غالب الأحيان غير مدرك على ما يبـدو أنه كان هو وفريقه أول مـن تسلّقهـا. وتقريباً في الأمكنة جميعهـا صادف أجاسيز تـردداً لا يستسلم في قبـول نظرياتـه. وحثه همبولت على أن يعود إلى مجـال خبرته الحقيقي، وهو أحافير الأسمـاك، ويتخلى عن هوسه الجنوني بالجليد، ولكـن أجاسيز كان رجلاً استحوذت عليه الفكرة.

عثرت نظرية أجاسيز على دعم أقل في بريطانية، حيث لم يرَ معظم علماء الطبيعة مجلدة أبداً، ولم يستطيعوا في غالب الأحيان أن يفهموا القوى الساحقة التي يمارسها الجليـد المتكتّل. «أيمكن أن تكون الخدوش واللمعان ناجمة عن الجليد فحسب؟» سأل رودريك مرتشسون بنبرة ساخرة في أحد الاجتماعات، على ما يبدو متخيلاً الصخور مغطاة بنوع من الجليد الخفيف والزجاجي. وحتى مماته شكك بكل صراحة في علماء الجليـد «المهووسين بالجليد» الذين اعتقـدوا أن المجلدات تفسّر كثـيراً. ناصر وجهة النظـر هـذه وليم هوبكنز، الـذي كان أستاذاً في كمبريدج وعضواً بـارزاً في الجمعية الجيولوجيّـة، وقال: إن النظريـة القائلة: إن الجليد يمكـن أن ينقل الجلاميد تعكس «سخافات ميكانيكة واضحة»، مما يجعلها غير مستحقة لانتباه الجمعية.

سافر أجاسيز غير هيّابٍ وبلا كلل؛ كي يدافع عن نظريته. وفي 1840 قرأ بحثاً في اجتماع للجمعية البريطانية لتقدم العلم في جلاسكو، انتقده في أثنائه علناً العظيم تشارلز ليل. وفي العام اللاحق أصدرت الجمعية الجيولوجية في أدنبرة قراراً يسلّم بأنه يمكن أن تكون النظرية صحيحة، ولكن بالتأكيد لا شيء فيها ينطبق على أسكتلندة.

استيقظ ليل في النهاية. وجاءت لحظة التجلي لديه حين أدرك أن المورين* أو خط الصخور قرب عزبة أسرته في أسكتلندة - الذي عبره مئات المرات - لا يمكن فهمه إلا إذا قبل المرء أن مجلدة رمته هناك. بعد أن ارتد فقد ليل أعصابه وتراجع عن الدعم الشعبي لفكرة عصر الجليد. كان هذا وقتاً محبطاً لأجاسيز. كان زواجه يتحطّم، وكان شيمبر يتهمه بسرقة أفكاره وشاربنتييه لا يتحدث معه، ولم يقدم لأعظم عالم جيولوجيا على قيد الحياة سوى الدعم الفاتر والمتذبذب.

وفي 1846 سافر أجاسيز إلى أمريكة لإلقاء سلسلة من المحاضرات وهناك أخيراً عثر على التقدير الذي تاق إليه. منحته هارفارد الأستاذية وبنت له متحفاً من الدرجة الأولى، متحف علم الحيوان المقارن. ساعده دون شك هذا على الاستقرار في نيوإنجلاند، حيث شجّعت الشتاءات الطويلة على تعاطف معيّن مع فكرة مدد متواصلة من البرد. وساعد أيضاً أنه بعد ستة أعوام على وصوله أفادت الرحلة العلمية الأولى إلى غرينلندة أن كل شبه القارة تلك كانت مغطاة بالجليد، مثل تلك القديمة التي تخيّلها أجاسيز في نظريته. أخيراً، بدأت أفكاره تحظى بالدعم. كان النقص المحوري الوحيد في نظرية أجاسيز هو أن العصور الجليدية لا علل لها. ولكن المساعدة كانت على وشك القدوم من مكان غير مرجّح.

ففي ستينيات القرن التاسع عشر بدأت المجلات والمنشورات العلمية الأخرى في بريطانية تتلقى دراسات عن: علم توازن الموائع والكهرباء وموضوعات علمية أخرى من جيمس كرول في جامعة أندرسون في جلاسكو. جاء أحد الأبحاث، الذي يتحدث عن: كيف أن التنوّعات في مدار الأرض يمكن أن تكون قد ولّدت العصور الجليدية، نُشر في المجلة الفلسفية (فيلوسوفيكال ماجازين) في 1864 واعتُرف به في الحال

* ركام تراب وحجارة جرفه نهر جليدي، ثم رسّبه. المترجم.

عمل مـن الطراز الأول. وهكـذا كان هناك بعض المفاجأة، وربما فقـط لمسة استياء، حين تبيّن أن كرول لم يكن أكاديمياً في الجامعة، وإنما ناطور.

ولـد كـرول في عام 1821 وترعـرع فقيراً ولم يتعلّـم في المدرسة حتـى سن الثالثة عشـرة. عمل في وظائف متنوّعة نجاراً وبائع تأمينات وقيّم فندق قبل أن يعمل ناطوراً في أندرسونـز (التـي هـي الآن جامعة ستراثكلايـد) في جلاسكو. وعـبر إقناع أخيه بالقيام بعمله كله كان قادراً على تمضية أمسيات كثيرة في مكتبة الجامعة، يعلّم نفسه الفيزيـاء والميكانيـك وعلم الفلك وعلـم توازن الموائع وعلوماً أخـرى سائدة في زمنه، وبـدأ تدريجياً يؤلف سلسلة مـن الدراسات مركّزاً بشكل خاص على حركات الأرض وتأثيرها على المناخ.

كان كرول أول من اقترح أن التغيّرات الدورية في شكل مدار الأرض - من الإهليلجيّ بشكل ضئيل إلى دائري تقريباً ثم ثانية إلى إهليلجيّ - يمكن أن تشرح بداية العصور الجليديـة وانحسارهـا. لم يفكّر أحد من قبل في أن يلجـأ إلى شرح فلكيّ للتنوّعات في مناخ الأرض. وبفضل نظرية كرول المقنعة بدأ الناس في بريطانية الاستجابة أكثر إلى فكرة أنه في وقت سابق ما، كانت أجزاء من الأرض في قبضة الجليد. وحين تم التعرّف علـى إبداع وذكاء كرول مُنح وظيفة في هيئة المسح الجيولوجي الأسكتلندي وكُرّم على نطـاق واسع: صـار عضواً في الجمعية الملكيـة في لندن وفي أكاديميـة نيويورك للعلم، ومُنح دكتوراه فخرية من جامعة سينت أندروز، بين أمور أخرى كثيرة.

ولسـوء الحظ، تماماً وفيما كانت نظرية أجاسيز تعـثر على مناصرين في أوروبة، كان منشغـلاً في أخذهـا إلى مناطق أكـثر غرابة في أمريكة. بدأ يعـثر على أدلة على المجاليـد في كل مكان ذهب إليه، بما فيه قرب خط الاستواء. وصار أخيراً مقتنعاً بأن الجليد غطى مرة وجه الأرض كلها، قاضياً على الحياة، التي أعاد الله خلقها آنذاك. لم يدعم أي من الأدلة التي أوردها أجاسيز وجهة النظر هذه. مع ذلك، بدأت سمعته تزدهر في البلاد التي تبنته إلى درجة التأليه. وحين وافته المنيّة في عام 1873 شعرت جامعة هارفارد أنه من الضروري أن تعيّن ثلاثة أساتذة؛ كي يشغلوا مكانه.

وكما يحدث أحياناً، فقدت نظرياته جدّتها بسرعة. وقبل أقل من عقد بعد وفاته كتب خلفه على كرسي الجيولوجيا في هارفارد «أن ما يدعى بالحقبة الجليدية... التي كانت مشهورة جداً منذ بضع سنوات بين علماء الجيولوجيا المهتمين بالجليد يمكن، رفضها الآن دون تردد».

كان جزءاً من المشكلة هو أن حسابات كرول أوحت بأن أحدث عصر جليدي حصل منذ ثمانين ألف عام، بينما يشير الدليل الجيولوجي بشكل متزايد إلى أن الأرض عانت من اضطراب عنيف في وقت أحدث من هذا بكثير. ودون شرح مقنع لما يمكن أن يكون قد حرّض على عصر جليدي، تم تعليق النظرية. كان يمكن أن تبقى معلقة لبعض الوقت لولا أكاديمي صربي يدعى ميلوتين ميلانكوفيتش، الذي لا يملك خلفية علمية عن حركات الأجرام السماوية مطلقاً، كان مهندس ميكانيك مدرّباً، وفي أوائل التسعينيات طوّر اهتماماً غير متوقّع بالمسألة. أدرك ميلانكوفيتش أن المشكلة في نظرية كرول ليست في أنها غير صحيحة، وإنما في أنها في غاية البساطة.

عندما تتحرك الأرض عبر الفضاء، فهي لا تكون خاضعة لتنوّعات في طول وشكل مدارها فحسب، وإنما أيضاً إلى تبدّلات إيقاعية في زاوية توجّهها نحو الشمس سرعتها، ودرجة ميلانها، وتذبذبها وكل هذا يؤثر في استمرارية وكثافة ضوء الشمس الساقط على أي بقعة من الأرض. إنها خاضعة بشكل خاص لثلاثة تغيّرات في الموقع هي ميلها، مبادرة الاعتدالين*، والشذوذ (اللاتمركز)**، لمدد طويلة من الوقت. تساءل ميلانكوفيتش إن كان يمكن أن توجد علاقة بين هذه الدورات المعقدة ومجيء وذهاب العصور الجليدية؟ كانت الصعوبة هي أن الدورات تختلف كثيراً في مدتها عشرين ألف، وأربعين ألف ومئة ألف عام على التعاقب، ولكنها تتنوع في كل حالة إلى بضعة آلاف سنة مما عنى أن تحديد نقاط تقاطعها في مدد طويلة من الوقت، تضمنت تقريباً كمية لانهائية من الحساب المخلص بشكل كبير. كان على ميلانكوفيتش أن يستنتج زاوية ومدة الإشعاع الشمسي الداخل في كل منطقة من الأرض، وفي كل فصل، مدة مليون عام، معدلة بثلاثة متغايرات متبدلة بشكل دائم.

---

* تغيّر بطيء في اتجاه محور دوران الأرض يفضي إلى تحرّك الاعتدالين على نحو جدّ بطيء نحو الغرب. المترجم.

** بعد المركز الهندسي لجسم دائر عن محور الدوران. المترجم.

ومـن حسـن الحظ أن هـذا كان بالضبـط نوع الكـدح المتكرر الـذي ناسب مزاج ميلانكوفيتش. ففي الأعوام العشرين اللاحقة، وحتى في أثناء العطلة، عمل بلا توقّف بقلـم الرصاص والمسطـرة الحاسبة حاسباً جداول دوراته، وهـذا عمل يمكن أن يتم الآن في يـوم أو يومـين بالكمبيوتر. كان يجب أن تتم الحسابـات كلها في وقت فراغه، ولكـن في عـام 1914 حصل ميلانكوفيتش فجأة على كمية كبيرة من وقت الفراغ حين نشبت الحرب العالمية الأولى، وتم اعتقاله بسبب منصبه بوصفه احتياطياً في الجيش الصربـي. أمضى معظم الأعوام الأربعة اللاحقـة في إقامة جبرية مرنة في بودبست، وكان مطلوبـاً منـه أن يبلغ الشرطة مرة في الأسبـوع. أمضى بقية وقته يعمل في مكتبة أكاديمية العلوم الهنغارية. ربما كان أسعد سجين حرب في التاريخ.

كانت النتيجة النهائية لخربشاته المجهدة كتاباً صدر عام 1930 بعنوان «علم المناخ الرياضي والنظرية الفلكية للتغيّر المناخي». وكان ميلانكوفيتش صائباً بأنه كان هناك علاقة بين العصور الجليديـة والتذبذب الكوكبي، بالرغم من أنه افترض مثل معظم النـاس أن الازديـاد المتـدرج في فصول الشتـاء القاسية، هو الذي قـاد إلى تلك المدد الطويلـة من البرودة. كان عـالم الأرصاد الجوية الألماني مـن أصل روسي، فلاديمير كوبـن Wladimir Koppen حما صديقنا التكتوني ألفرد فيجينر Alfred Wegener هو الذي رأى أن العملية كانت أكثر دقة، وأكثر إثارة للأعصاب، من ذلك.

قـرر كوبن أن سبب العصور الجليديـة يُعثر عليه في فصول الصيف الباردة وليس في فصـول الشتاء القاسيـة. إذا كانت فصول الصيف باردة جـداً بحيث لا تؤدي إلى ذوبـان الثلوج كلها في منطقـة معيّنة، فإن المزيد من أشعـة الشمس القادمة يرتد من السطح الانعكاسي، مفاقماً التأثير المبرِّد ومشجّعاً على سقوط المزيد من الثلوج. نتيجة لهـذا تميل العصور الجليديـة إلى أن تكون مديمة لذاتها. حين يتراكم الثلج في غطاء جليـدي فإن برودة المنطقة تزداد، مما يـؤدي إلى تراكم المزيد من الجليد. وكما قال عـالم الجيولوجيا جوين شولتز Gwen Schultz: «ليسـت كمية الثلج هي التي تسبب بالضـرورة أغطية الجليد وإنما حقيقـة أن الثلج – مهما كان قليلاً – يستمر». واعتُقد أن العصر الجليدي يمكن أن يبدأ من صيف واحد في غير موعده. فبقايا الثلوج تعكس الحـرارة وتفاقـم من تأثير الـبرودة. «إن العملية ذاتية التضخّـم، لا تتوقّف، وبما أن

الجليـد يتنامى فهو يتحرك»، كما يقول مكفي McPhee. يكون لديك مجاليد متقدمة وعصر جليدي.

لم يكن العلماء قادرين في الخمسينيات، وبسبب نقص تكنولوجيا تحديد التواريخ، على ربط دورات ميلانكوفيتش المحسوبة بدقة مع التواريخ المفترضة للعصور الجليدية كما أدركـت آنذاك، وهكذا أغفل ميلانكوفيتش هـو وحساباته. توفي عام 1958، غير قـادر على إثبات أن دوراتـه كانت صحيحة. وفي ذلك الوقت، وكمـا عبّر أحد مؤرّخي تلـك المدة: «ستعاني من صعوبة كبـيرة في رؤية عالم جيولوجيا، أو أرصاد جوية ينظر إلى النموذج إلا من باب الفضول التاريخي». وظل الأمر هكذا إلى السبعينيات وصُقل منهـج التأريـخ بالبوتاسيوم الأرغون*، وذلك لتقدير عمـر رسابة قاع البحر القديمة إلى أن أُثبتت نظرياته.

لا تكفي دورات ميلانكوفيتش وحدها لشرح دورات العصور الجليدية. هناك عوامل أخرى كثيرة متضمّنة ومنها ترتيب القارات، خصوصاً وجود كتل أرض فوق القطبين. ولكـن حيثيات هذه لم تُفهم جيـداً. واقتُرح أننا إذا نقلنا أمريكـة الشمالية وأوراسية وغرينلندة فقط 500 كيلومتر إلى الشمال، فإننا سنحصل على عصور جليدية دائمة لا يمكـن النجـاة منها. لكننا محظوظون جداً على ما يبدو في الحصول على أي طقس جيـد. والذي لم يُفهم بشكل جيـد أيضاً هو دورات الدفء النسبيـة في أثناء العصور الجليدية التي تدعى البيجليدية. وإنه لمن الباعث على الاضطراب قليلاً التفكير في أن التاريخ البشري الهادف ككل تطوّر الزراعة، إنشاء المدن، و نشوء الرياضيات والكتابة والعلم وكل ما تبقى حدث في فسحة شاذة من الطقس المعتدل. فقد استمرت الأوقات البيجليدية السابقة ثمانية آلاف عام. وقد عبرت مدتنا سابقاً ذكراها السنوية العشرة آلاف.

والواقـع أننا لا نـزال في عصر جليدي؛ لكنه مقلّص نوعاً مـا، بالرغم من أنه أقل تقلّصـاً ممـا يعرف كثير مـن الناس. ففـي أوج المدة الأخيرة مـن التّحات الجليدي،

* طريقة في تقدير عمر المواد الآثارية والجيولوجية عن طريق قياس كمية الأرغون المتراكمة في عيّنة منها نتيجة لتحلّل البوتاسيوم المشعّ. المترجم.

منذ نحو عشرين ألف عام، كان نحو 30% من سطح الأرض مغموراً بالجليد. ولا يزال 10% مغموراً. (و14% هو في حالة من الجمد السّرمدي*). إن ثلاثة أرباع المياه العذبة في الأرض هي معتقلة في الجليد حتى الآن، ولدينا أنهار جليدية في كلا القطبين، وهذا موقف يمكن أن يكون فريداً في تاريخ الأرض. إن وجود فصول شتاء ثلجية في كثير من أنحاء العالم ومجلدات مستمرة حتى في الأماكن المعتدلة كنيوزلندة يمكن أن يبدو طبيعياً تماماً، ولكن في الحقيقة إنه موقف غير عادي للكوكب.

إن نموذج الأرض العام في معظم تاريخه حتى الأزمنة الحديثة تقريباً هو أن يكون حارّاً، دون جليد دائم في أي مكان. بدأ العصر الجليدي الحالي الحقبة الجليدية، في الواقع منذ نحو أربعين مليون عام، وتسلسل من سيئ بشكل إجرامي إلى غير سيئ مطلقاً. إننا نعيش في الأوقات القليلة للعصر الأخير. ذلك أن العصور الجليدية تميل إلى محو الأدلة السابقة على العصور الجليدية، وهكذا فكلما عدت إلى الوراء صارت الصورة غامضة، ولكن يبدو أنه كان لدينا على الأقل سبع عشرة حادثة جليدية خطرة في الأعوام المليونين ونصف السابقة أو ما يقارب ذلك، وهي المدة التي تتزامن مع ظهور الإنسان المنتصب homo erectus في إفريقية الذي تبعه البشر الحديثون. هناك متّهمان يذكران بشكل شائع بأنهما مسؤولان عن الحقبة الحديثة هما نشوء جبال الهمالايا وتشكّل جبال إزثموس في بنما، عطّل الأول هبوب الهواء وشتت الثاني تيارات المحيط. إن الهند - التي كانت مرة جزيرة - اندفعت 2000 كيلومتر إلى كتلة الأرض الآسيوية في الأعوام الخمسة وأربعين مليون الأخيرة، رافعةً لا الهملايا فحسب، وإنما المرتفع التيبتي خلفها. وتقول الفرضية: إن الأرض المرتفعة لم تكن أكثر برودة فحسب وإنما حرفت الريح بطريقة جعلتها تهبّ شمالاً نحو أمريكة الشمالية، مما جعلها أكثر ميلاً إلى طقس بارد أكثر طولاً. ثم - منذ خمسة ملايين عام - خرجت بنما من البحر، مغلقة الفجوة بين أمريكة الشمالية وأمريكة الجنوبية، مقاطعة تدفق تيارات دافئة بين المحيط الهادي والمحيط الأطلسي، ومغيّرة نماذج تساقط الأمطار في نصف العالم تقريباً. كانت إحدى النتائج هي جفاف إفريقية، مما جعل القردة تهجر الأشجار وتنطلق للبحث عن طريقة حياة جديدة في الأراضي المعشوشبة.

* طبقة متجلدة باستمرار على عمق متفاوت تحت سطح الأرض في المناطق القطبية المتجمدة. المترجم.

علـى أي حـال - بهذا الترتيب الحـالي للمحيطات والقارات - يبـدو كأن الجليد سيكـون جزءاً طويل الأمد مـن مستقبلنا. فبحسب جون مكفـي، إنه يمكن توقع نحو خمسـين حادثـة جليديـة، وكل منها يستمر مئة ألـف عام، قبل أن نستطيـع أن نأمل ذوباناً طويلاً.

لم يكـن للأرضـ عصـور جليدية منتظمـة منذ خمسـين مليون عـام، ولكن حين حصلنـا عليها مالـت إلى أن تكون عملاقة. حصل تجمّد شامـل منذ 2.2 بليون سنة، تبعه بليون عام من الدفء. ثم جاء عصر جليدي آخر أكبر من الأول، كبير بحيث إنّ بعض العلماء يشيرون الآن إلى المدة التي حصل فيها باسم العصر الجليدي الأعظم. ويعرف الوضع بشكل أكثر شهرة باسم الأرض كرة ثلج.

إن كلمـة كرة ثلجية لا تـكاد تعبّر عن تلك الأوضاع الإجرامية. وتقول النظرية: إنه بسبـب تراجع الإشعاع الشمسي نحو 6% وانحـدار إنتاج غاز المخضرة أو (الاحتفاظ بالحـرارة) فقـدت الأرض قدرتها علـى التمسك بحرارتها. صارت كلهـا أنتاركتيكا. وانخفضت درجـات الحرارة إلى 45 درجة مئوية تحت الصفر وصار وجه الأرض كله جليـداً مرصوصـاً، وصارت سماكـة جليد المحيـط 800 متر في الارتفاعـات الأعلى، وبسماكة عشرة أمتار حتى في المناطق الاستوائية.

هنـاك مشكلة خطـرة في كل هذا، بحيـث إنّ الدليل الجيولوجـي يشير إلى وجود الجليد في الأمكنة جميعها بما فيه حول خط الاستواء، و يوحي الدليل البيولوجي بشكل قوي أيضاً أنه يجب أن يكون هنـاك مياه مفتوحة في مكان ما. ذلك أن بكتيريا السيانو نجـت مـن التجربة وتقوم بعمليـة التخليق الضوئي. ومن أجل هـذا كانت بحاجة إلى ضـوء الشمس، ولكن كما ستعرفون لو حدث وقمتم بالتحديق عبره، إن الجليد يصبح بسرعة عاتماً وبعد بضع ياردات لا يسمح بعبور الضوء مطلقاً. اقتُرح احتمالان: الأول هـو أن قليـلاً من ماء المحيط بقي معرضاً (ربما بسبب نـوع ما من التدفئة المحلية في بقعة حارة)؛ والاحتمال الآخر هو أنه يمكن أن الجليد تشكل بطريقة بقي فيها شفّافاً، وهذا وضع يحدث أحياناً في الطبيعة.

إذا تجمّـدت الأرض، تواجهنا المسألـة الصعبة جداً وهي كيف أصبحت دافئة مرة أخـرى. إن كوكبـاً جليدياً يجب أن يعكس كثيراً من الحــرارة بحيث يبقى متجمّداً إلى الأبد. وعلى ما يبدو من المحتمل أن الإنقاذ أتى من باطن الأرض المنصهر. مرة أخرى يمكن أن نكون مدينين للألواح التكتونية بالسماح لنا بأن نكون هنا. إن الفكرة هي أن البراكين قد أنقذتنا، عن طريق دفعها عبر السطح المدفون، ضاخة إلى الخارج كثيراً من الحرارة والغازات التي ذوّبت الثلج وأعادت تشكيل الجو. ومن المثير أن نهاية هذه الحادثـة ذات التجميـد المفرط حدّدها الانفجار الكمبري: حـدثُ ربيعِ تاريخ الحياة. وفي الحقيقـة، يمكـن أن الأمر لم يكن هادئاً هكذا. ففيما كانـت الأرض تسخن، ربما تعرضـت لأسوأ طقس سبق أن مرّت فيه، وهبت فيها أعاصير قوية بما يكفي كي ترفع أمواجاً بعلوّ ناطحات سحاب، وتسبب عواصف مطرية بكثافة لا تُوصف.

وفي أثناء هذا كله عاشت ديدان أنبوبيّة وبطلينوسات وأشكال أخرى من الحياة في حفـر قاع المحيط العميقة، وكأنه لم يكـن هناك أي مشكلة دون شك، ولكن كل أشكال الحيـاة الأخرى على الأرض اقتربت جداً مـن الانقراض بشكل كامل. وكل هذا حدث منذ وقت طويل جداً وفي هذه المرحلة نحن لا نعرف فحسب.

إن العصـور الجليديـة للأوقـات الأحدث تبدو مـن الوزن الخفيـف إذا ما قورنت بالعصـر الجليدي الأعظم، ولكنها كانت بالطبـع ضخمة جداً بمعايير أي شيء يمكن أن يوجـد على الأرض اليـوم. كانت سماكة الغطاء الجليـدي الوسكونسي الذي غطى كثـيراً من أوروبة وأمريكـة الشمالية، أكثر من 3 كيلومـترات في بعض الأمكنة وتقدم إلى الأمـام بسرعة نحو 120 متراً في السنة. يا له من منظر! حتى في حافتها البارزة، يمكـن أن يكون سمك الأكسية الجليديـة 800 متر. تخيّل نفسك تقف في قاعدة جدار مـن الجليد بهـذا الارتفـاع. خلف هذه الحافـة، وفي منطقـة تبلـغ مساحتها ملايين الكيلومـترات المربّعة، لن يكـون هناك شيء سوى الجليد، وستنتـأ بعض قمم الجبال الأكـثر ارتفاعاً هناك وهنـاك. وهنت قارات بأكملها تحت ثقـل هذا الكم من الجليد وحتـى الآن – بعـد اثني عشر ألف عام من انسحـاب قطع الجليد – لا تزال ترتفع إلى مكانها. لم توزّع أكسية الجليد جلاميد الصخور فحسب والخطوط الطويلة من المورين

الحصــوي، وإنمــا رمت كتل أرض برمتها جزيرة لونغ وكيب كــود ونانتكت، بين أخرى فيما كانــت تندفع ببطء. ومن المثير للعجب قليلاً أن علمــاء الجيولوجيا قبل أجاسيز واجهوا مشكلة في فهم قدرتها الضخمة على إعادة توزيع المشهد الطبيعي.

إذا تقدمــت أكسية الجليد مرة أخرى، فلا نملــك شيئاً في ترسانتنا لحرفها. ففي عــام 1964، وفي برنس وليــم ساوند في ألاسكا، ضرب أقوى زلــزال سبق أن سُجّل في القــارة الحقول الجليدية في شمال أمريكة. كان يبلغ 9.2 درجات على مقياس ريختر. وعلــى طول خط الصدع، ارتفعت الأرضــ 6 أمتار. كان الزلزال عنيفاً بحيث إنّه جعل المــاء يندفع من الأحواضــ في تكساس. ما التأثير الذي أحدثه هــذا الانفجار الذي لا مثيل له على مجالد برنس وليم ساوند؟ لم يؤثر مطلقاً. امتصّته وواصلت الحركة.

اعتُقد لوقت طويل أننا ندخل العصور الجليدية ونخرج منها بالتدريج، طوال المئات أو الآلاف مــن السنــين، ولكننا نعرف الآن أن الأمر لم يكــن هكذا. وبفضل لب الجليد مــن غرينلندة صرنا نمتلك سجــلاً مفصّلاً للمناخ لأكثر من مئــة ألف عام، ولكن ما عُــثر عليــه هناك مزعج. تبــيّن أن الأرض في معظــم تاريخها الحديــث لم تكن مكاناً مستقــراً وهادئــاً كالذي عرفته الحضــارة، وإنما تنقّلت بعنف بــين أوقات من الدفء والبرد المتوحّش.

وفي نهاية التحتات الجليدي الأخير الكبير، منذ اثني عشر ألف عام، بدأت الأرض تسخــن، وتمامــاً بسرعة، ثم بشــكل مفاجئ غاصت في برد مريــر لألف عام في حدث يعرفه العلم باسم الدرياس الأصغر Younger Dryas (جاء الاسم من النبتة القطبية الدرياس dryas، التي كانت أول من أعاد استعمار الأرض بعد انسحاب أكسية الجليد. كان هنــاك أيضاً مدة الدرياس الأقــدم Older Dryas، ولكنها لم تكن حادة هكذا). وفي نهاية هجمة الألف عام هذه عادت الحرارة العادية من جديد وقفزت أربع درجات مئويــة في عشرين سنة، وهــذا لا يبدو مثيراً بشكل كبير، ولكنه مكافئ لاستبدال مناخ الدول الإسكندنافية بالمتوسطية في عقدين فقط. أما على الصعيد المحلي، فقد كانت التغــيّرات أكثر عنفاً. يُظهر لب الجليــد في غرينلندة أن درجات الحرارة هناك تتغير بقــدر 8 درجات مئويــة في 10 أعوام، مغــيرة نمط سقوط الأمطار وظــروف الزراعة

بقـوة. كان هـذا مقلقاً جداً لكوكب عـدد سكانه قليل. أما اليوم فـإن العواقب ستكون خارج القدرة على التخيل.

مـا يسبّـب ذعراً أكبر هـو أننا لا نمتلك فكـرة أي فكرةٍ أي ظاهـرةٍ طبيعية يمكن أن تثـير المنظّم الحراري للأرض بسرعة. وكما قالـت إليزابيث كولبيرت في مقال في النيويوركـر: «لا يوجد قوة خارجية معروفة، أو أي قـوة مفترضة تبدو قادرة على دفع هذه الحرارة إلى الخلف وإلى الأمام بالعنف الذي أظهره لب الجليد». وتضيف: «يبدو كأن هناك حلقة تغذية ارتجاعية شاسعة ومروعة»، ربما تشمل المحيطات وانقطاعات النماذج المألوفة من دورة المحيط، ولكن هذا بعيد عن الفهم.

وتقـول إحـدى النظريات: إن التدفق العنيـف للمياه الذائبـة إلى البحار في بداية الدرياسـ الأصغر Younger Dryas خفف من الملوحـة (ومن ثمّ الكثافة) في البحار الشماليـة ممـا سبـب انحـراف تيّار الخليـج إلى الجنـوب مثل سائق يحـاول تجنب اصطـدام. وحين حرمت المرتفعـات الشمالية من دفء تيّار الخليج عادت إلى ظروف الـبرودة. ولكن هذا لا يبدأ بشرح لماذا بعد ألف عام، حين سخنت الأرض مرة أخرى، لم ينحـرف تيّـار الخليج كما في السابق. وبدلاً من ذلـك، مُنحنا مدة من الهدوء غير العادي تُعرف باسم العصر الحديث الأعلى Holocene، الزمن الذي نعيش فيه.

ليسـ هناك سبـب لافتراض أن هـذه المدة من الاستقـرار المناخـي ستستمر إلى أطول. يعتقد بعض العلماء أن الأسوأ بانتظارنا. من الطبيعي أن نفترض أن الاحتباس الحـراري يمكن أن يعمل كتوازن مضاد لميل الأرض إلى العودة إلى الأوضاع الجليدية. علـى أي حال – كما أشـار كولبرت – حين يواجهك مناخ متذبـذب لا يمكن التنبؤ به، «فـإن الشـيء الأخير الـذي ستفعله هو أن تجـري تجربة كبيرة دون إشـراف عليها». اقتُرح – بدقة أكبر مما سيبدو في البداية – أن العصر الجليدي يمكن أن يغريه ارتفاع درجـات الحـرارة. والفكرة هـي أن تسخيناً قليـلاً ضئيلاً يمكن أن يقـوي التبخّرات والغطـاء الغيمي، مما يقود في الارتفاعات العليا إلى تراكمات أكثر إلحاحاً من الثلج. وفي الحقيقة، إن ظاهرة الاحتباس الحراري يمكن بشكل معقول – ولو موهم بالتناقض –أن تقود إلى تبريد محلي في شمال أمريكة وشمال أوروبة.

إن المناخ هو نتاج متغايرات كثيرة ارتفاع وانخفاض مستوى ثاني أكسيد الكربون، انجـراف القـارات، والنشاط الشمسـي، والتذبذبات المهيبة لـدورات ميلانكوفيتش بحيـث إنّه من الصعب فهم أحداث الماضي كما كانت كي نتنبأ بأحداث المستقبل. إن كثير خـارج طاقتنا ببساطة. خذوا أنتاركتيكة. فلمـدة 20 مليون سنة على الأقل بعد أن استقـرت فوق القطب الجنوبي بقيت مغطاة بالنباتات ودون جليد. وهذا يجب ألا يكون ممكناً.

إن الأصنـاف المعروفـة من بعض الديناصورات المتأخـرة ليست أقل خداعاً. يقول عـالم الجيولوجيا البريطاني ستيفـن دروري Stephen Drury: إن الغابات التي على ارتفـاع 10 درجات من القطب الشمالي كانت موطناً لوحوش كبيرة، بينها الديناصور الضخـم اللاحم. وكتب: «هذا غريب، ذلك أن ارتفاعاً كهذا مظلم بشكل مستمر مدة ثلاثـة أشهر في السنة». فضـلاً عن ذلك، ثمة دليل الآن بأن هـذه الارتفاعات العالية عانت من شتاءات حادّة. وتوحي دراسات نظائر الأوكسجين أن المناخ حول فيربانكس في ألاسـكا كان نفسـه في أواخـر العصر الطباشـيري كما هـو الآن. إذاً ما الذي كان يفعلـه الديناصور اللاحم هنـاك؟ إما أنه كان يهاجر فصلياً قاطعاً مسافات شاسعة، أو يمضـى معظـم العام في الثلج المتراكم في الظلام. وفي أسترالية التي كانت في ذلك الوقت أكثر قطبية في توجّهها لم تكن العودة إلى مناخات أدفأ ممكنة. كيف استطاعت الديناصورات أن تحيا في أوضاع كهذه أمر لا يزال في إطار التخمين.

هناك فكرة يجب وضعها في الذهن، ألا وهي أنه كان هناك كثير من المياه بالنسبة لها في ذلك الوقت. البحيرات الكبرى، وخليج الهدسون، بحيرات كندة التي لا تُحصى. ولكن هذه المياه لم تكن هناك كي تقدم الوقود للعصر الجليدي الأخير. لقد أنشأها.

مـن ناحية أخـرى، إن الطور اللاحق مـن تاريخنا يمكن أن يشهـد تذويبنا لكثير مـن الجليد بدلاً مـن صناعته. فإذا ذابت أكسية الجليـد جميعها فسترتفع مستويات البحـار 60 متراً بارتفاع بنـاء من 20 طابقاً، وستغرق المـدن الساحلية جميعها. ومن المحتمـل أكـثر - على المدى القصـير على الأقل - انهيار الكسـاء الجليدي الغربي في

أنتاركتيكة. ففي الخمسين عاماً الماضية سخنت المياه التي حوله 2.5 درجة مئوية، وازدادت الانهيارات بشكل درامي. وبسبب البنية الجيولوجية الداخلية للمنطقة فإن هناك احتمالاً لحدوث انهيار هائل. وإذا ما حدث هذا فإن مستويات البحار جميعها في العالم سترتفع وبسرعة بمعدل من 4.5 إلى 5 أمتار.

إن الحقيقة الفائقة للعادة هي أننا لا نعرف ما هو الأكثر ترجيحاً: مستقبل يمنحنا دهوراً من البرودة المهلكة، أو واحد يمنحنا مدداً مساوية من الحرارة البخارية. هناك شيء واحد مؤكد فحسب: إننا نعيش على حد السكين.

وعلى المدى الطويل، وبالمصادفة، إن العصور الجليدية ليست بأي طريقة أخباراً سيئة للكوكب. إنها تطحن الصخور تاركة خلفها تربة جديدة خصبة جداً، وتولّد بحيرات من المياه العذبة تقدم احتمالات غذائية وافرة لمئات الأنواع من الكائنات. وهي تعمل كمهماز للهجرة وتجعل الكوكب أكثر حركةً (ديناميأ). وكما قال تيم فلانيري: «هناك واحد فقط سؤال تحتاج أن تطرحه على قارة من أجل تحديد مصير سكانها: «هل كان لديكم عصر جليدي جيد؟» واضعين هذا في أذهاننا، حان الوقت؛ كي نتحدث عن نوع من القردة فعل هذا حقاً.



الفصل الثامن والعشرون

ثنائي الأقدام الغامض

تماماً قبل عطلة عيد الميلاد في عام 1887، وصل طبيب هولندي يحمل اسماً غير هولندي، هو ماري يوجين فرانسوا توماس دوبوا*، إلى سومطرة، في جزائر الهند الشرقية الهولندية، من أجل العثور على أقدم البقايا البشرية على الأرض.

كانت هناك عدة أمور فائقة للعادة تتعلّق بهذا الأمر. لم يذهب أحد من قبل أبداً كي يبحث عن عظام بشرية قديمة من قبل. فكل ما عُثر عليه حتى الآن عُثر عليه بالمصادفة، ولم يوحِ أي شيء في خلفية دوبوا أنه كان مرشحاً مثالياً لجعل العملية قصدية. كان عالم تشريح مدرباً ولكن دون خلفية في علم الإحاثة. ولم يكن هناك أي سبب خاص للافتراض بأن جزائر الهند الشرقية تحتوي على بقايا بشرية قديمة. وأملى المنطق أنه إذا كان يجب أن يُعثر على البشر القدماء، فإن هذا يجب أن يحدث في كتل أرض كبيرة ومسكونة طويلاً، وليس في أرخبيل ناءٍ. لكن ما دفع دوبوا إلى جزائر الهند الشرقية هو إحساس باطني، وتوافر الوظيفة ومعرفة أن سومطرة ملأى بالكهوف، البيئة التي عُثر فيها على معظم الأحافير البشرية المهمة التي اكتُشفت حتى الآن**. وما كان أكثر خرقاً للعادة في كل هذا هو أنه عثر على ما كان يبحث عنه.

في الوقت الذي فكر فيه دوبوا بخطته للبحث عن صلة مفقودة، كان سجل الأحافير البشرية لا يحتوي إلا على القليل جداً: خمسة هياكل عظمية نياندرتالية ناقصة، وعظم فك جزئي أصله غير مؤكد وستة من بشر العصر الجليدي عثر عليهم حديثاً

* بالرغم من أنه هولندي كان (دوبوا) من (إيجسدن) وهي بلدة تتاخم الجزء الذي يتحدث الفرنسية في بلجيكة.

** وُضع البشر في عائلة «البشريات». وهي تشمل أي كائنات (بما فيها المنقرضة) التي لها الصلة الأكبر بنا من أي شمبانزي حي. في غضون ذلك وُضعت القرود سوية في عائلة تُدعى البُنجد. وتعتقد كثير من المرجعيات أن الشمبانزي والغوريلا وإنسان الغاب يجب أن يتم وضعهم أيضاً في عائلة البشريات، مع البشر والشمبانزي في عائلة فرعية هي البشرية. والخلاصة هي أن الكائنات التي تُعرف تقليدياً بالبشرية تصبح - وفق هذا الترتيب - بشرية. (يصر ليكي وآخرون على هذا الترتيب). إن البشريات هو اسم العائلة الأعظم للقرد، التي تشملنا.

عمال سكك الحديد في كهف في جرف يدعى كرومينون قرب لو إزييس Les Eyzies، في فرنسة. ومن بين العيّنات النياندرتالية، كان أفضل ما حُفظ هو عيّنة غير ملحوظة موضوعة على رف في لندن. وقد عثر عليها عمال وهم يفجّرون الصخور في مقلع في مضيق جبل طارق في عام 1848، وهكذا كان حفظها أعجوبة، ولكن لسوء الحظ لم يدرك أحد ماذا كانت. فبعد أن وُصفت بإيجاز في اجتماع للجمعية العلمية لمستعمرة جبل طارق أرسلت إلى متحف هنتيريان، حيث بقيت دون أن يقترب منها أحد لأكثر من نصف قرن. لم يُدوّن الوصف الأول لها حتى عام 1907 من قبل عالم جيولوجيا يدعى وليم سولاس «كانت له كفاءة عابرة فحسب في الجيولوجيا».

وبدلاً من ذلك ذهب شرف أسبقية اكتشاف البشر القدماء الأوائل إلى وادي نياندر في ألمانية، وليس بشكل غير ملائم، إذ بمصادفة غريبة تعني كلمة نياندر باليونانية «الإنسان الجديد». وهناك، في عام 1856 عثر العمال في مقلع للحجارة في وجه جرف يطل على نهر دوسيل على عظام غريبة الشكل منحوها لأستاذ مدرسة، كانوا يعرفون أنه يهتم بكل الأشياء الطبيعية. وبجدارة عظيمة اكتشف المدرّس جوهان كارل فوهلروت أن لديه نوعاً جديداً من البشر، بالرغم من أن ما هو، وكم هو خاص، كانا مسألتين خاضعتين للجدل لبعض الوقت.

رفض كثير من الناس قدم العظام النياندرتالية. وأصر أوغست ماير، الأستاذ في جامعة بون،ذو النفوذ، أن العظام هي لجندي مغولي قوزاقي جُرح حين كان يقاتل في ألمانية عام 1814، وزحف إلى كهف كي يموت. وحين سمع ت.هـ. هكسلي في بريطانية قال بجفاف: كم كان لافتاً أن الجندي – الذي بالرغم من أنه تعرض لجرح مهلك – تسلّق جرفاً ارتفاعه ستون متراً، جرّد نفسه من ثيابه وممتلكاته الشخصية، وختم فتحة الكوخ ودفن نفسه تحت التربة على عمق قدمين. واقترح عالم أنثروبولوجيا آخر كان حائراً من قمة حاجب الإنسان النياندرتالي الكبيرة، أنها ناتجة عن التقطيب الطويل الأمد الناجم عن كسر في الساعد لم يعالج جيداً. ففي تلهفهم لرفض فكرة البشر الأوائل كان العلماء يرغبون في معظم الأحيان أن يعتنقوا الاحتمالات الأكثر فردية. وفي الوقت الذي كان ينطلق فيه دوبوا إلى سومطرة عُثر على هيكل عظمي في بيريجيو Perigueux وأعلن بكل ثقة أنه لرجل من الإسكيمو. ولكن لم يُشرح أبداً

بشكل مريح ما الذي كان يفعله رجل من الإسكيمو في جنوب غرب فرنسة. كان في الحقيقة من الكرومنيون الأوائل.

إزاء هذه الخلفية بدأ دوبوا بحثه عن العظام البشرية القديمة. لم يقم بالحفر بنفسه، وإنما استخدم خمسين سجيناً استعارهم من السلطات الهولندية. عملوا مدة عام في سومطرة، ثم انتقلوا إلى جاوة. وهناك في عام 1891 قام دوبوا أو بالأحرى فريقه - ذلك أن دوبوا نادراً ما زار هذه المواقع - بالعثور على قسم من القسم العلوي لجمجمة بشرية تعرف باسم قبعة ترينيل Trinil Skullcap. وبالرغم من أن هذا كان جزءاً من جمجمة، تبيّن أن صاحبها لم تكن له ملامح بشرية مباشرة وإنما دماغ أكبر بكثير من دماغ أي قرد. سماه دوبوا الإنسان القرد المنتصب Anthropithecus erectus (تغيّر فيما بعد لأسباب تقنية إلى Pithecanthropus erectus)، وأعلن أنه الصلة المفقودة بين القرود والبشر. وبسرعة صار اسمه المشهور «إنسان جاوة». واليوم نعرفه باسم الإنسان المنتصب Homo erectus.

وفي العام اللاحق عثر عمال دوبوا على عظم فخذ كامل بدا حديثاً بشكل مدهش. والواقع أن كثيراً من علماء الأنثروبولوجيا يعتقدون أنه حديث، ولا علاقة له بإنسان جاوة. إذا كان عظماً منتصباً، فهو لا يشبه أي عظم عُثر عليه من قبل. مع ذلك استخدم دوبوا عظم الفخذ؛ كي يستنتج بشكل صحيح كما تبين أن إنسان جاوة سار منتصباً. شكّل عبر قشرة جمجمة وسن واحد نموذجاً للجمجمة الكاملة، التي برهنت أيضاً أنها صحيحة.

وفي عام 1895 عاد دوبوا إلى أوروبة متوقعاً استقبالاً كاستقبال الفاتحين. وفي الواقع صادف رد فعل معاكساً. فقد كره معظم العلماء استنتاجاته والطريقة المتعجرفة التي قدمها بها. وقالوا: إن قطعة الجمجمة كانت لقرد، وربما لجبّون*، وليست لأي إنسان أول. آملاً أن يدعم قضيته، سمح دوبوا في عام 1897 لعالم تشريح محترم من جامعة ستراسبورغ يدعى جوستاف شوالبه Gustav Schwalbe، أن يدرس القطعة ويصفها. ولكن لسوء حظ دوبوا كتب شوالبه دراسة مفصّلة عنها، لفتت انتباهاً

* قرد من أشباه الإنسان. المترجم.

متعاطفاً أكثر من أي شيء سبق وكتبه هو، وتبعها بجولة محاضرات احتُفي في أثنائها بـه وكأنه اكتشف الجمجمة بنفسه. انسحب دوبـوا مروّعاً وشاعراً بالمرارة، إلى موقع غير مميّـز ليكون أستاذاً للجيولوجيـا في جامعة أمســتردام، وفي العقدين اللاحقين رفضـ أن يطلـع أحداً على أحافيره السابقة مرة أخـرى. وافته المنية عام 1940 وكان وقتها في غاية التعاسة.

في غضـون ذلك، وعلـى بعد نصف عالم، في أواخر 1924 تلقّـى ريموند دارت رئيس قسـم علـم التشريح في جامعـة ويتووترسترانـد في جوهانسبرغ، والمولـود في أستراليـة، جمجمـة طفـل صغيرة ولكنهـا كاملة،بوجـه سليم، وفـك منخفض وما يُعـرف بالمظهر الطبيعي للدماغ، من مقلع جيريّ على حافة صحراء كالاهاري في موقع قاحل يُدعى تاونغ. استطـاع دارت أن يرى على الفـور أن جمجمة تاونغ ليست للإنسان المنتصب مثل إنسان جـاوة الذي اكتشفه دوبـوا، وإنما هي لكائن أسبق يشبه القـرد. قدر عمره بمليوني عام وأطلـق عليه اسم القرد الجنوبي الإفريقـي Australopithecus africanus. وفي تقرير نُشر في مجلة نيتشر، دعا (دارت) بقايا تاونغ «بشرية بشكل مذهل» واقترح الحاجة إلى عائلة جديدة كلياً، هي الإنسان القرد Homo simiadae كي يكيّف الاكتشاف.

كان العلماء أقل ميلاً إلى دارت من ميلهم إلى دوبوا وأغاظهم كل ما يتعلق بنظريته وبه. وبداية، برهن أنه وقح؛ لأنه قام بالتجربة وحده دون أن يطلب مساعدة ممن هم أكـثر خبرة. وحتى الاسم الـذي اختاره، القرد الجنوب أفريقـي أظهر غياباً للتطبيق البحثي، دامجاً بين الجذور اليونانية واللاتينية. وقبل كل شيء، عارضت استنتاجاته الحكمـة السائدة. فقد اتُّفق أن البشر والقرود انفصلا على الأقل منذ 15 مليون سنة في آسيـة، فإذا نشأ البشر في إفريقية، فلماذا سيجعلنا هذا شبيهين بالزنوج. بدا كأن شخصـاً يعمل اليوم سيعلن أنه اكتشف عظام أسـلاف بشريين في ميسوري. وهذا لم يتماشَ مع السائد.

كان المؤيـد الوحيد المهم لـدارت هو روبرت بروم، وهو عالم فيزيـاء وإحاثة يتمتع بـذكاء معتبر وطبيعة غريبة يحتفى بها، ولـد في أسكتلندة. كان من عادة بروم، مثلاً أن يقوم بالعمل الميداني عارياً حين يكون الطقس دافئاً، وكان هكذا في غالب الأحيان.

وعرف أيضاً لقيامه بتجارب تشريحية ملتبسة على مرضى أكثر فقراً وانقياداً. وحين كان المرضى يموتون - وكان هذا يحدث غالباً - كان يدفن أجسادهم أحياناً في حديقته الخلفية وينبشها من أجل الدراسة فيما بعد.

كان بروم عالم إحاثة متقناً، وبما أنه كان مقيماً أيضاً في جنوب إفريقية كان قادراً على فحص جمجمة تاونغ مباشرة. استطاع أن يرى فوراً أنها مهمة كما افترض (دارت) وتحدث بقوة لصالح دارت، ولكن دون نتيجة. وفي الأعوام الخمسين اللاحقة كانت الحكمة السائدة هي أن طفل تاونغ كان قرداً فحسب. إن معظم الكتب لا تذكره. وقد أمضى دارت خمس سنوات في تأليف دراسة، ولكنه لم يعثر على أحد كي ينشرها له. وفي النهاية، كفّ عن البحث (بالرغم من أنه واصل البحث عن الأحافير). وطوال سنوات استخدمت الجمجمة كمثقّلة تُوضع على الأوراق على مكتب زميل، وهي تُعرف اليوم بأنها أحد أهم كنوز الأنثروبولوجيا.

في الوقت الذي أعلن فيه دارت عن اكتشافه بدأ هاوٍ كندي موهوب يدعى ديفدسون بلاك البحث في مكان يدعى دارجون بون هيل، كان مشهوراً على المستوى المحلي بوصفه مكاناً للعثور على العظام القديمة. ولسوء الحظ، بدلاً من حفظ العظام من أجل الدراسة، كان الصينيون يطحنونها من أجل صناعة الدواء. نستطيع فقط أن نخمّن كم من عظام الإنسان المنتصب، التي لا تُقدر بثمن انتهت بوصفها نوعاً من مكافئ صيني للبكمباودر. كان المكان قد جرّد كثيراً حين وصل بلاك، لكنه عثر على أحفور ضرس واحد وعلى أساسه وحده أعلن بشكل متألق اكتشاف إنسان بكيّن* Sinathropus pekinensis.

وبإلحاح من بلاك، حدثت عمليات تنقيب أكثر تصميماً وعثر على كثير من العظام الأخرى. ولسوء الحظ فُقد كل هذا بعد يوم من الهجوم الياباني على بيرل هاربور في عام 1941، حين اعترض اليابانيون فرقة من رجال البحرية الأمريكيين، كانوا يحاولون تهريب العظام (وأنفسهم) من البلاد، وسجنوا. وحين اكتشف الجنود اليابانيون أنه لا يوجد في صناديقهم سوى العظام، تركها اليابانيون على جانب الطريق. وكان هذا آخر ما شوهد منها.

* إنسان منقرض يُقدّر العلماء أنه عاش قبل 350,000 سنة. وُجدت بقاياه في كهف قرب العاصمة الصينية بكين عام 1927 للميلاد. وقد أظهرت الأدوات البدائية وعظام الحيوانات المتفحّمة التي عُثر عليها إلى جانب هذه البقايا أنه استخدم النار ومارس الصيد. المترجم.

في غضون ذلك، في مرج دوبوا القديم في جاوة، عثر فريق قاده رالف فون كوينيغسفالد Ralph Von Koenigswald على مجموعة أخرى من البشر الأوائل صارت تُعرف باسم بشر سولو، من موقع اكتشافهم على ضفة نهر سولو في نجاندونغ. كان يمكن أن تكون مكتشفات كوينيغسفالد أكثر تأثيراً لولا خطأ تكتيكي أُدرك في وقت متأخر جداً. قدم للمحليين عشرة سنتات مقابل كل قطعة من العظام البشرية التي يستطيعون العثور عليها، ثم اكتشف مذعوراً أنهم كانوا يحطّمون القطع الكبيرة إلى صغيرة؛ كي يحصلوا على المزيد من النقود.

وفي الأعوام اللاحقة، ومع اكتشاف المزيد من العظام وتحديدها، جاء طوفان من الأسماء الجديدة الإنسان الفرنسي Homo aurignacensis، والقرد الترانسفالي Australopithecus transvaalensis، Paranthropus crassidens، والإنسان الشرق إفريقي Zinjanthropus boisei وأعداد أخرى كثيرة، وكلها تقريباً تشتمل على نمط جنس جديد وكذلك على أنواع جديدة. وفي الخمسينيات ارتفع عدد الأنواع البشرية إلى أكثر من مئة بسهولة. ومما أضاف إلى التشوّش أنه صار للأشكال الفردية سلسلة من الأسماء المختلفة، فيما كان علماء الأنثروبولوجيا الإحاثية يصقلون ويعيدون العمل ويتنازعون على التصنيفات. وقد عرف بشر سولو بشكل متنوّع بأسماء مثل إنسان سولينسيس Homo soloensis، الإنسان البدائي الإفريقي Homo primigenius asiaticus، والإنسان النياندرتالي سولوينسيس Homo soloensis neanderthalensis، وإنسان سولوينسيس المفكر Homo sapiens soloensis، والإنسان المنتصب المنتصب Homo erectus erectus وأخيراً الاسم الواضح، الإنسان المنتصب Homo erectus.

وفي محاولة لإدخال بعض الترتيب اقترح ف. كلارك هاول من جامعة شيكاغو، متبعاً اقتراحات إرنست ماير وآخرين من العقد السابق، اختصار أسماء الأجناس إلى اثنين هما الجنوب إفريقي والبشري وعقلنة كثير من الأنواع. وصار اسم كل من إنسان جاوة وإنسان بكين الإنسان المنتصب. وانتشر الترتيب لبعض الوقت في عالم البشر. لكنه لم يستمر.

وبعد عقد من الهدوء النسبي، دخلت الأنثربولوجيا في مدة أخرى من الاكتشاف السريع والمتعدد، الذي لم يهدأ بعد. وأنتجت الستينيات الإنسان البارع homo habilis الذي اعتقد بعضهم أنه الصلة المفقودة بين القردة والبشر، ولكن بعضهم الآخر لم يعدّه نوعاً منفصلاً. ثم جاء (بين أمور أخرى كثيرة) إنسان إرجاستر homo ergaster وإنسان لويسليكي Homo louisleakeyi، وإنسان رودولفنسيس Homo rudolfensis، والإنسان السلف Homo antecessor وكذلك حشد من القردة الجنوب إفريقية: أي أفارنسيس A.afarensis وأي. برايجنز A. praegens، أي راميدوس A.ramidus، أي. ولكيري A.walkeri، أي أنامنسيس A. anamensis وأخرى غيرها. ويعرف اليوم في الأدبيات عشرون نمطاً من البشر. ولسوء الحظ، لا يوجد خبيران يعرفان الأنواع العشرين نفسها.

يواصل بعضهم التقيّد بالجنسين البشريين اللذين اقترحهما هاول في عام 1960، ولكن آخرين يضعون بعض القردة الجنوب إفريقية في جنس مختلف يُدعى بارانثروبوس Paranthropus، وهناك آخرون يضيفون مجموعة أولى تدعى أرديبيثيكوس Ardipithecus. ويضع بعضهم البرايجنز praegens في الأوسترالوبيثيكوس Australopithecus، ويضعها بعضهم الآخر في تصنيف جديد هو البشر القدماء Homo antiques، ولكن معظمهم لا يعترفون بالبرايجنز praegens نوعاً منفصلاً. وليس هناك مرجع واحد يستبعد هذه الأمور. والطريقة الوحيدة التي يصبح فيها اسم مقبولاً، هي من خلال الإجماع، وهناك غالباً القليل جداً من هذا.

تكمن المفارقة في أن جزءاً كبيراً من المشكلة هو نقص الدليل. فمنذ فجر الزمن، عاش عدة بلايين من البشر (أو الشبيهون بالبشر) وكل منهم أسهم بقليل من التنوع الوراثي للجنس البشري ككل. ومن هذا العدد الهائل، إن فهمنا الكامل لما قبل التاريخ البشري يستند إلى البقايا المتشظية، ربما لخمسة آلاف شخص. «تستطيع أن تضعها كلها في شاحنة بيك آب إذا كان لا يهمك خلط الأمور»، هذا ما قاله إيان تاترسال، المدير الملتحي والودود للأنثروبولوجيا في المتحف الأميركي للتاريخ الطبيعي، حين سألته عن حجم الأرشيف العالمي الكلي من العظام البشرية وعظام البشر الأوائل.

لـن يكون النقص سيئـاً لو أن العظام كانـت موزعة بالتسـاوي في الزمان والمكان، ولكنها بالطبع ليست كذلـك. فهي تظهر عشوائياً، وفي غالب الأحيان بالطريقة الأكثر بعـداً عـن المتناول. فقد سـار الإنسان المنتصب على الأرض لأكـثر من ملايين السنين وسكن منطقة تمتد من أناركتيكة إلى حافة أوروبة، ثم إلى الجانب الصيني من المحيط الهادي، ولكن لو أعدت إلى الحياة البشر المنتصبين جميعاً الذين نستطيع البرهنة على حياتهم، فإنهم لن يملؤوا حافلة مدرسية. ويتألف البشر البارعون Homo habilis من أقـل مـن ذلك: قطع مـن جمجمتين وعدد من العظـام المنفصلة فحسـب. إن شيئاً ما قصير الحياة كحضارتنا لن يُعرف بالتأكيد من سجل الأحافير مطلقاً.

قـال تاترسال من أجل التوضيح: «في أوروبة اكتشفـت جماجم بشرية في جورجيا تعـود إلى 1.7 مليـون سنة، ولكن لديك بعد ذلك فجوة من مليـون عام تقريباً قبل أن تظهر البقايا اللاحقة في إسبانية، على الجانب الآخر من القارة، ثم لديك ثلاث مئة ألـف عام آخـر قبل أن تحصل على إنســان هايدلـبرغ Homo heidelbergensis في ألمانية، ولا أحد منهم يشبه الآخر». ابتسم. «من هذه الأنواع من القطع المبعثرة تحاول أن تفهم تواريخ الأنواع برمتها. إنه نظام لا يصدق. والواقع أننا لا نملك إلا فكرة قليلة عن العلاقة بين أنواع قديمة كثيرة قادت إلينا، ووصلت إلى طريق مسدود على مستوى النشوء. ربما لا يستحق بعضها أن يعدّ نوعاً مستقلاً إطلاقاً».

إن نقصـ السجل يجعـل كل اكتشاف جديد يبدو مفاجئاً ومميـزاً عن الاكتشافات الأخـرى. لو كان لدينا عشرات الآلاف من الهياكل العظمية الموزّعة في فواصل منتظمة عبر السجل التاريخي، لكان هناك المزيد من درجات الغموض القابلة للفهم. إن أنواعاً جديـدة برمتهـا لا تظهر على الفـور - كما يوحي سجل الأحافـير - وإنما تدريجياً من أنـواع أخرى موجودة. وكلما اقتربت من نقطـة تباعد زادت التشابهات، وهكذا يصبح من الصعب جداً، وأحياناً من المستحيل، تمييز إنسان منتصب متأخر عن إنسان حديث مبكـر، بما أنه من المحتمل ألا يكون أيٌّ منهمـا. ويمكن أن تنشأ اختلافات مشابهة عن مسائـل الوصـول إلى تعريف من بقايا مبعثرة أن نقرر، مثـلاً إن كان عظم معين يمثل Australopithecus boisei أنثى أو إنساناً بارعاً Homo habilis ذكراً.

وبوجود القليل مما هم متأكدون منه، كان على العلماء في غالب الأحيان أن يقوموا بافتراضـات تستنـد إلى أشياء يُعثر عليها في الجوار، ويمكن ألا تكـون هذه أكثر من تخمينـات جسورة. وكما قال آلن ووكر وبات شيبمان بجفاف: إذا ربطت بين اكتشاف الأداة ونـوع الكائن الذي يوجد غالباً في الجوار، فسيكون عليك أن تستنتج أن الأدوات اليدوية الأولى صنعتها الظباء.

ربمـا لا شيء أفضل يصوّر الفوضى أكثر من حزمة التناقضات التي شكّلها الإنسان البـارع Homo habilis. إذ لا معنـى لعظامه. حين ترتب تُظهر إناثـاً وذكوراً يتطورون بنسـب مختلفة في اتجاهات مختلفة: الذكور يصبحون أقل شبهاً بالقرود وأكثر إنسانية مع مرور الوقت، بينما الإناث من المدة نفسها يبتعدن كثيراً عن الشبه بالبشر إلى الشبه بالقـرود. لا تصدق بعض المرجعيات أن الإنسان البارع فئـة صالحة. ذلك أن تاترسال وزميلـه جيفري شوارتز يعدانـه «سلة مهملات» يمكن أن «ترمى فيهـا الأحافير التي لا علاقة لها بالموضوع بشكل ملائم». حتى أولئك الذين يرون الإنسان البارع نوعاً مستقلاً لا يتفقون بشأن إن كان من الجنس نفسه مثلنا أو من فرع جانبي لم يتطور.

أخـيراً، ولكن ربما قبل كل شيء، إن الطبيعـة البشرية هي عامل مهم في كل هذا. يمتلـك العلمـاء ميـلاً طبيعياً إلى تأويـل المكتشفـات بالطريقة التي تطـري منزلتهم الرفيعـة. كان مـن النـادر أن يكتشف عـالم إحاثة مجموعة من العظـام ويعلن أنها لا شـيء يستدعي الإثـارة. وكما يقول جون ريدر بشكل لا يوحي بالحقيقة كاملة في كتابه «الحلقـات المفقودة»: «من اللافت كيف أنه في الغالب أكـدت التأويلات الأولى للدليل الجديد انهماكات مكتشفها».

يـترك هـذا مجالاً واسعـاً للجـدل بالطبع، ولا يوجـد مجموعة من البشـر تحب أن تجادل أكثر من علماء الأنثروبولوجيا الإحاثية. «ومن بين المناهج العلمية جميعها تمتلك الأنثروبولوجيـا الإحاثية ربما الحصة الأكبر من الأنانية» كما يقول مؤلفا كتاب «إنسان جاوة»، وهو كتاب كما يبدو خصص نصوصاً طويلة ربما غير واعية لهجمات على أخطاء الآخرين، خصوصاً على زميل مؤلفي الكتاب السابق دونالد جوهانسون.

يجـب أن نضـع في أذهاننا أنـه لا يوجد إلا القليل الذي يمكـن قوله عن التاريخ ما قبل البشري الذي لن يجادله شخص في مكان ما، وبخلاف هذا ربما كان لنا بالتأكيد تاريخ، وهو ما نعتقد أننا نعرفه عن حقيقتنا ومن أين أتينا.

كنا في خط السلف نفسه كالشمبانزي بنسبة 99.99999% من تاريخنا كمتعضيات. والواقـع أنه لا شيء معروف عن التاريخ السابق للشمبانزي، ولكن مهما كان، فقد كنا كذلـك. ثم – منـذ نحو سبعة ملايين عام – حدث شـيء رئيس: خرجتْ مجموعة من الكائنـات الجديـدة من الغابات الاستوائيـة الإفريقية، وبدأت تتحـرك إلى الأراضي المعشوشبة المفتوحة.

كانـت هذه القردة الإفريقية الجنوبيـة، وفي الخمسة ملايين سنة اللاحقة صارت النـوع البشـري المهيمـن علـى العالم. وقد جـاءت هذه في أنـواع عـدة، بعضها نحيل وبعضهـا الآخر هزيل، مثل طفل تاونغ الـذي اكتشفه ريموند دارت، وكان بعضها أكثر قـوة وصلابة، ولكنهـا كانت كلها قادرة على السير منتصبة. وجدت بعض هذه الأنواع لأكثر من مليون عام، وبعضها الآخر لبضع مئات من آلاف السنين، ولكن من المهم أن نضع في أذهاننا أنه حتى الأقل نجاحاً لها تواريخ أطول مما حققناه حتى الآن.

إن البقايـا البشريـة الأكثر شهرة في العالم هي للقـرد الشبيه بالإنسان الذي عثر عليـه في هادار في إثيوبيـا ويبلغ عمره 3.18 ملايين سنة، وقـد اكتشفه في عام 1974 فريق كان يقوده دونالد جوهانسون. إن الهيكل العظمي الذي عُرف رسمياً باسم أي.إل 288 -1 (من مكان بعيد) صار يعرف بشكل أكثر ألفة باسم لوسي، بعد أن غنت فرقة البيتلـز أغنية «لوسي في السماء ومعها الماس». لم يشكك جوهانسون أبداً في أهميتها. «إنها سلفنا الأول، الحلقة المفقودة بين القرد والإنسان»، كما قال.

كانـت لوسـي صغيرة، طولهـا ثلاثة أقدام ونصـف فحسـب. كان بوسعها السير، بالرغم من أن هذه المسألة خاضعة لبعض الجدل. وكانت على ما يبدو متسلقة جيدة. ولكـن هناك كثير مما هو غير معروف. كانـت جمجمتها مفقودة بشكل كامل، وهكذا لا يمكـن أن يُقـال سـوى القليل عن حجم دماغهـا، بالرغم مـن أن شظايا الجمجمة أوحـت بأنـه صغير. وتصف معظـم الكتب الهيـكل العظمي للوسي بأنـه كامل بنسبة

40%، بالرغم من أن بعضهم الآخر قال: إنها أقرب إلى هيكل عظمي آخر أنتجه المتحف الأميركي للعلوم الطبيعية يجسّد ثلثين من لوسي. ودعاها برنامج البي بي سي، «الإنسان القرد» «هيكلاً عظمياً كاملاً»، بالرغم من أنها لم تكن كذلك.

يحتوي الجسم البشري على 206 عظام، ولكن كثيراً منها مكرر. إذا أخذت العظم الفخذي الأيسر من عيّنة، فأنت لا تحتاج إلى الأيمن كي تعرف أبعاده. أخرج العظام الفائضة جميعها وما سيبقى هو 120: ما يُدعى بنصف هيكل عظمي. وحتى بهذا المعيار السهل، وعبر إحصاء أصغر شظية كعظم كامل، لم تشكل لوسي إلا 28 %من نصف هيكل عظمي (و20% فقط من هيكل كامل).

يروي آلن ووكر في كتابه حكمة العظام، أنه سأل مرة جوهانسون كيف وصل إلى نسبة 40%. أجاب جوهانسون بمرح: إنه لم يحصِ 106 عظام من اليدين والرجلين، وهذا أكثر من نصف العدد الكلي للجسد، وهو نصف مهم جداً أيضاً،كما سيعتقد المرء، بما أن صفة لوسي الرئيسة المعرّفة هي استخدام اليدين والقدمين للتعامل مع عالم متغيّر. على أي حال، إن القليل هو معروف عن لوسي بخلاف ما يفترض عامة. ولا يُعرف إن كانت أنثى أيضاً. ربما افتُرض جنسها من حجمها الصغير.

* * * * *

بعد عامين من اكتشاف لوسي عثرت ماري ليكي في لايتولي في تنزانيا على آثار أقدام لفردين من عائلة البشر نفسها كما اعتُقِد. وقد نجمت الآثار عن سير قردين يشبهان البشر على رماد طيني بعد انفجار بركاني. تصلّب الرماد فيما بعد محافظاً على آثار قدميهما لمسافة 23 متراً.

يمتلك المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي في نيويورك ديوراما (مشهداً استعادياً مصوراً) يسجل لحظة مرورهما. ترصد إعادة خلق بحجم الأصل أنثى وذكراً يسيران معاً عبر السهل الإفريقي القديم. إنهما مشعران ويشبهان الشمبانزي في أبعادهما، ولكن لهما مشية توحي بأنهما من البشر. إن العلامة الأكثر إدهاشاً في العرض هي أن الذكر يضع يده على كتف الأنثى؛ كي يحميها. إنها إيماءة رقيقة ومؤثرة موحية بالرابط الوثيق.

قُدمت الصورة بطريقة جعلت بعضهم يعتقدون أنه من السهل إغفال اعتبار هو أنه كل ما هو غير آثار الأقدام هو من بنات الخيال. إن المظاهر الخارجية جميعها للشخصين درجة نمو الشعر، وعناصر الوجه إن كان لهما أنف إنسان أم أنف شمبانزي، والملامح، ولون البشرة، وحجم وشكل صدر الأنثى هي بالضرورة افتراضية. لا نستطيع أن نقول: إنهما زوجان. ربما كان الشكل الأنثوي طفلة في الحقيقة. ولا نستطيع التأكد من أنهما من القرود الجنوب إفريقية (الشبيهة بالإنسان). ولكن افترُض أنهما هكذا؛ لأنه لا يوجد مرشحون آخرون معروفون.

قيل لي: إنهما صُوِّرا هكذا، لأنه في أثناء بناء (الديوراما) كان مثال الأنثى يواصل السقوط، ولكن إيان تاترسال أصرّ ضاحكاً أن القصة غير صحيحة. «من الواضح أننا لا نعرف إن كان الذكر قد وضع يده على كتف الأنثى أم لا، ولكننا نعرف من قياس الخطوة أنهما كانا يسيران معاً جنباً إلى جنب، قريبين بما يكفي كي يتلامسا. كانت منطقة مكشوفة، ولهذا كانا ربما يشعران بأنهما معرضان للخطر. لهذا حاولنا أن نمنحهما تعابير قلقة».

سألته إن كان متضايقاً من كمية الانحراف الذي تم في إعادة بناء الشكلين؟ «إنها دوماً مشكلة في إعادة الخلق»، وافق باستعداد كافٍ. «لن تصدق كم من النقاش الذي يتم لتحديد تفاصيل مثل إن كان النياندرتاليون لهم حواجب أم لا. والأمر هو نفسه بالنسبة لتمثالي لايتولي. فنحن نجهل تفاصيل مظهرهما الحقيقي، ولكننا نستطيع أن نحدد حجمهما ووقفتهما ونقوم ببعض الافتراضات المعقولة عن مظهرهما المرجّح. إذا كان علي أن أصنعهما مرة أخرى، فربما جعلتهما يبدوان كالقرد أكثر وأقل بشرية. لم تكن هذه الكائنات بشراً. كانت قروداً ثنائية القدم».

افترُض حتى وقت متأخر جداً أننا انحدرنا من لوسي وكائنات لايتولي، ولكن كثيراً من العلماء الآن غير متأكدين. وبالرغم من أن صفات جسدية معيّنة (الأسنان، مثلاً) توحي بصلة ممكنة بيننا، فإن أجزاء أخرى من تشريح القرود الجنوب إفريقية هي أكثر إزعاجاً. ويشير تاترسال وشوارتز في كتابهما «البشر المنقرضون» إلى أن الجزء الأعلى من عظم الفخذ البشري يشبه الجزء الأعلى لدى القردة، ولكنه لا يشبه الذي

لدى القردة الجنوب إفريقية؛ وهكذا إذا كانت لوسي صلة مباشرة بين القردة والبشر الحديثين، هذا يعني أنه لا بد أننا تبنينا عظم فخذ أعلى للقرد الجنوب إفريقي منذ مليون سنة، ثم عدنا إلى عظم الفخذ الخاص بالقردة حين انتقلنا إلى الطور الثاني من تطورنا. يعتقدان - في الحقيقة - أن لوسي ليست سلفنا فحسب، وإنما لم تكن أيضاً من النوع الذي يسير على قدمين.

يقول تاترسال بإصرار: «إن لوسي ونوعها لم يتنقلا على الطريقة البشرية الحديثة. حين كان يجب على هذه الكائنات أن تتنقل بين المساكن الشجرية وجدت نفسها تسير على قدمين، مجبرة على القيام بهذا بسبب بنيتها الجسدية». لكن جونسون لا يقبل هذا. «إن ردي في لوسي والترتيب العضلي لحوضها»، كما كتب، «سيجعل من الصعب عليها تسلق الأشجار كما هو الأمر بالنسبة للبشر».

صارت الأمور أكثر إبهاماً في عامي 2001 و2002 حين تم العثور على أربع عينات استثنائية جديدة. اكتشف إحداها ميف ليكي من العائلة الشهيرة بجمع المستحاثات في بحيرة تركانا في كينية ودعيت Kenyanthropus playtops أي (الوجه الكيني المسطح)، وهي من زمن لوسي وتثير احتمال أنها كانت سلفاً لنا، وأن لوسي كانت مجرد فرع غير ناجح. وعثر في عام 2001 أيضاً على Ardipithecus ramidus kadabba، ويعود إلى ما بين 5.2 و5.8 ملايين عام، وOrrion tugenensis الذي يعتقد أن عمره ستة ملايين عام، مما جعله أقدم بشري تم العثور عليه، ولكن لمدة قصيرة فحسب. وفي صيف 2002 عثر علماء يعملون في صحراء دجوراب في تشاد (وهي منطقة لم يُعثر فيها من قبل على عظام قديمة) على بشري عمره تقريباً سبعة ملايين عام، سموه الإنسان الساحلي التشادي Sahelanthropus tchadensis. (ويعتقد بعض النقاد أنه لم يكن إنساناً وإنما قرد أول، ولذا يجب أن يُدعى القرد الساحلي Sahelpithecus). كانت كل هذه كائنات أولى وبدائية جداً، ولكنها كانت تسير منتصبة، وكانت تفعل ذلك أبكر مما اعتُقد.

إن السير على قدمين إستراتيجية متطلبة وخطرة. هذا يعني إعادة صياغة الحوض إلى أداة حمل كاملة. ومن أجل الحفاظ على القوة المطلوبة يجب أن تكون قناة الولادة

في الأنثى ضيّقة نسبياً. وكان لهذا عاقبتان فوريتان مهمتان، وواحدة طويلة الأمد. أولاً، هذا يعني كثيراً من الألم لأي أم منجبة وازدياد خطر موت الأم والطفل. فضلاً عن ذلك، إن مرور رأس الطفل عبر مكان ضيق كهذا يجب أن يولد بينما دماغه لا يزال صغيراً، وبينما يكون الطفل لا يزال ضعيفاً. وهذا يعني عناية طويلة الأمد بالطفل، مما يتضمن بدوره علاقة قوية بين الذكر والأنثى.

إن كل هذا إشكالي بما يكفي حين تكون السيد الفكري للكوكب، ولكن حين تكون قرداً صغيراً معرضاً للخطر، بدماغ بحجم برتقالة* فإن الخطر لا بد أن يكون كبيراً.

لماذا هبطت لوسي ونوعها من الأشجار وخرجت من الغابات؟ ربما لم يكن لديها خيار آخر. إن الارتفاع البطيء لإزثموس في بنما قطع تدفق المياه من المحيط الهادي إلى الأطلسي، دافعاً التيارات الدافئة بعيداً عن القطب الشمالي، مؤدياً إلى بداية عصر جليدي حاد جداً في المرتفعات الشمالية. وفي إفريقية، أنتج هذا جفافاً وبرودة فصليين، محولاً الغابة بالتدريج إلى سهول معشوشبة. وكتب جون جريبين: «لم تغادر لوسي وأشباهها الغابات ولكن الغابات هي التي غادرتهم».

إن الخروج إلى السهول المعشوشبة المفتوحة جعل البشر الأوائل أكثر تعرضاً للخطر. فالإنسان المنتصب يمكن أن يرى بشكل أفضل، ولكن يمكن أن يُرى أيضاً بشكل أفضل. وحتى الآن، نحن نوعٌ معرض للخطر الشديد في البرية. ذلك أن أي حيوان ضخم هو أقوى وأسرع منا وله أسنان أكبر. وإذا ما تعرض البشر الحديثون للهجوم فإن لهم ميزتين: يمتلكون دماغاً جيداً، يستطيعون عبره وضع خططٍ؛ ولديهم اليدان، اللتان يستطيعون بهما أن يقذفوا أو يهددوا الأشياء المؤذية. إننا الكائن الوحيد الذي يستطيع أن يؤذي من مسافة. وهكذا نستطيع أن ندرأ الأذى الجسدي.

* إن الحجم التام للدماغ لا يخبرك كل شيء، أو ربما أحياناً الكثير. إن للفيلة والحيتان أدمغة أكبر من أدمغتنا، ولكنك لن تعاني كثيراً من أن تكون أذكى منها في التفاوض على عقد. إن ما يهم هو الحجم النسبي، وهذه نقطة غالباً ما يتم إغفالها. كما يقول جولد: إن الأي أفريكانوس A.Africanus له دماغ حجمه 450 سنتمتراً مكعباً فقط، وهو أصغر من دماغ الغوريلا. ولكن ذكر أفريكانوس عادي يزن أقل بخمسة وأربعين كيلوغراماً، والأنثى أخف بكثير، بينما يمكن أن يتجاوز الغوريلا بسهولة 150 كيلوغراماً.

إن العناصر جميعها تبدو كأنها كانت مرتبة من أجل التطور السريع لدماغ قوي، ولكن على ما يبدو لم يحدث هذا. فلأكثر من 3 ملايين سنة نادراً ما تغيرت لوسي وأشباهها. لم تنمُ أدمغتها ولم يكن هناك إشارة على أنها استخدمت حتى أبسط الأدوات. والأغرب من ذلك، هو أننا نعرف الآن أنه لنحو مليون سنة عاشوا إلى جانب بشر أوائل آخرين استخدموا الأدوات، ولكن شبيه القردة لم يستفد أبداً من هذه التكنولوجيا المفيدة التي كانت متوافرة حوله.

وفي نقطة ما بين ثلاثة ملايين سنة ومليوني سنة يبدو أنه كان من المحتمل أنه وجد ستة أنواع من البشر الأوائل كانوا يتعايشون في إفريقية. هناك نوع واحد كان من مصيره الاستمرار: الإنسان الذي بزغ من الضباب منذ مليوني سنة. ولا أحد يعرف تماماً ما هي العلاقة بين القردة الشبيهة بالبشر الجنوب إفريقية والإنسان، ولكن ما هو معروف هو أنهما تعايشا لأكثر من مليون سنة قبل أن تتلاشى القردة الشبيهة بالبشر على نحو غامض، وربما فجأة منذ مليون سنة. لا أحد يعرف لماذا اختفوا. وقد اقترح مات ريدلي قائلاً: «ربما أكلناهم».

يبدأ خط الإنسان تقليدياً مع الإنسان البارع Homo habilis، وهو كائن لا نعرف عنه أي شيء، وينتهي بنا نحن البشر الحديثين Homo Sapiens (تعني حرفياً البشر المفكرين). وبينهما - وبحسب الرأي الذي تثمّنه - كان هناك ستة من الأنواع البشرية الأخرى: إنسان إرجاستر Homo ergaster والإنسان النياندرتالي Homo neanderthalensis وإنسان رودولفنسيس Homo rudolfensis وإنسان هايدلبرغ Homo heidelbergensis والإنسان المنتصب Homo erectus والإنسان السلف Homo antecessor.

إن الإنسان البارع Homo habilis (الرجل البارع) سمي من قبل لويس ليكي وزملائه عام 1964 ودُعي هكذا؛ لأنه كان أول من استخدم الأدوات، بالرغم من أنها كانت بسيطة. كان كائناً بدائياً يشبه الشمبانزي أكثر مما يشبه الإنسان، ولكن دماغه كان أكبر بنسبة 50% من لوسي ولم يكن نسبياً أقل ضخامة مما جعله آينشتاين عصره. ولم يتم التوصل إلى سبب مقنع لماذا بدأت أدمغة البشر الأوائل تكبر فجأة

منذ مليوني عـام. فقد افتُرض لوقت طويل أن الأدمغة الكبيرة والسير بانتصاب كانا وثيقي الصلة، إن الانتقال من الغابة اقتضى إستراتيجيات مكر جديدة غذت الأدمغة أو شجعتهـا وهكـذا كان شيئاً مفاجئاً، بعـد الاكتشافات المتكررة لكثـير من الأغبياء ثنائيي الأقدام،إدراك أنه كان هناك صلة واضحة بينهم كلهم.

يقـول تاترسـال: «ليس هناك سبـب نعرفه لشرح لمـاذا كبرت أدمغـة البشر». إن الأدمغة الكبيرة أعضاء متطلّبة: إنها لا تشكل إلا 2% من كتلة الجسد، ولكنها تستهلك 20% مـن طاقته. وهي أيضاً صعبة الإرضاء نسبياً فيما تستخدمه وقوداً. إذا لم تأكل أبداً قطعة دهن أخرى، فإن دماغك لن يشكو؛ لأنه لن يلمس المادة. إنه يريد الغلوكوز بـدلاً من ذلك، وكثيراً منه، حتى لو كان يعني هذا خداع الأعضاء الأخرى. وكما يقول جـاي براون: «إن الجسد في خطر مستمر بسبب كونه يُستنزف من دماغ جشع، ولكنه لا يستطيـع جعـل الدماغ جائعاً؛ لأن هـذا سيقود بسرعة إلى المـوت». إن دماغاً كبيراً يحتاج إلى المزيد من الطعام والمزيد من الطعام يعني الخطر المتزايد.

يعتقـد تاترسـال أن نشـوء دماغ كبير ربمـا كان حدثاً تطورياً. ويعتقـد مع ستيفن جـي جولـد أنك لو أعدت تشغيـل شريط الحياة، حتـى لو أرجعته إلى الـوراء مسافة قصـيرة نسبياً فحسب إلى فجر البشر الأوائل، فإن الفرص «غير مرجحة» بأن البشر الحديثين أو أي شيء مثلهم سيكونون هنا الآن.

«إن أحد أصعب الأفكار قبولاً لدى البشر»، كما يقول: «هي أننا لسنا أوج أي شيء. ليس هنـاك أي شيء محتوم عن كوننـا هنا. وإنه لجزء من خيلائنـا، كوننا بشراً أن نميـل إلى التفكـير بالنشوء كعمليـة مبرمجة كي تنتجنـا. ومال حتى علمـاء الإناسة إلى التفكـير بهـذه الطريقة حتى السبعينيات». والواقع أنـه في عام 1991 وفي الكتاب المشهـور (مراحـل النشوء) أصـر سي. (لورنغ بريسـ) بعناد علـى المفهوم الخطّي، معترفاً بطريـق نشوء مسدود واحد، القرد الجنوب إفريقـي القوي الشبيه بالإنسان. ومثّـل كل شيء آخر تعاقبـاً مباشراً. كان كل نوع من البشـر يحمل عصا التطور حتى نقطة معينة ثم يسلمها إلى متسابق أصغر. والآن - على أي حال - يبدو كأنه من المؤكد أن كثيراً من هذه الأشكال الأولى اتبعت مسارات جانبية لم تؤدِ إلى أي شيء.

ولحسن حظنا، نجح أحد الأشكال في الوصول: مجموعة من مستخدمي الأدوات بدوا وكأنهم خرجوا من اللامكان، وتجاوزوا الإنسان البارع Homos habilis الغامض والخاضع للجدل كثيراً. هذا هو الإنسان المنتصب Homo erectus، النوع الذي اكتشفه يوجين دوبوا في جاوة عام 1891. وبحسب المصادر التي تعود إليها، وجد منذ 1.8 مليون سنة أو منذ نحو عشرين ألف سنة.

يقول مؤلفا كتاب (إنسان جاوة): إن الإنسان المنتصب هو الخط الفاصل: كل ما جاء قبله كان يشبه القردة وكل ما جاء بعده يشبه الإنسان. كان الإنسان المنتصب هو أول من مارس الصيد واستخدم النار وصنع أدوات معقدة وترك دليلاً على مواقع المخيمات، واعتنى بالضعفاء والمرضى. وبالمقارنة مع كل ما حدث من قبل، كان النوع بشرياً بشكل كبير في الشكل وكذلك في السلوك، أعضاؤه طوال ونحيلون وأقوياء جداً (أقوى من البشر الحديثين)، ولديهم الدافع والذكاء للانتشار في مناطق واسعة. ولا بد أن الإنسان المنتصب بدا ضخماً بشكل مرعب وقوياً وسريعاً وموهوباً بالنسبة للأنواع البشرية الأخرى. كانت أدمغة البشر المنتصبين أكثر تعقيداً من كل ما شهده العالم من قبل.

كان الإنسان المنتصب «سريعاً»، كما قال آلن ووكر من جامعة بن ستيت، وهو من أهم العلماء في العالم. إذا نظرت إلى واحد في عينيه يمكن أن يبدو بشرياً بشكل سطحي، «ولكنك لن تتصل. ستكون فريسة» بحسب ووكر، كان له جسم إنسان راشد، ولكن دماغه دماغ طفل.

وبالرغم من أن الإنسان المنتصب كان معروفاً لقرن تقريباً، إلا أنه كان معروفاً من شظايا مبعثرة، غير كافية للاقتراب حتى من صناعة هيكل عظمي كامل له. وهكذا لم تُدرك أهميته بشكل كامل أو أهميته المحتملة كنوع مبشّر بالبشر الحديثين، إلى أن تم في إفريقية اكتشاف فائق للعادة في الثمانينيات. إن الوادي البعيد لبحيرة توركانا (سابقاً بحيرة رودولف) في كينية هي الآن أحد أكثر المراكز في العالم إنتاجاً للبقايا البشرية الأولى، لكن لم يفكر أحد في البحث هنا لوقت طويل. وحين كان رتشارد ليكي في طائرة حُرفت فوق الوادي اكتشف أنه يمكن أن يكون أكثر وعداً مما اعتُقد

سابقــاً. أرســل فريقاً للتحقق من الأمر، ولكنه لم يعثر على أي شيء في البداية. ثم في أواخــر بعد ظهر أحد الأيــام عثر كامويا كيميو - الشخص الأكثر موهبة لدى ليكي في اكتشــاف الأحافـير - على قطعة صغيرة من جبين إنسان علــى تل بعيد عن البحيرة. كان من غير المحتمل أن يقدم موقع كهذا كثيراً ولكنهم حفروا احتراماً لغرائز كيميو، وممــا أدهشهــم أنهم عثروا على هيكل عظمي شبه كامــل لإنسان منتصب. كان لفتى بين التاسعة والثانية عشرة من عمره توفي منذ 1.54 مليون سنة. كان للهيكل العظمي «بنيــة جسدية حديثة بشكل كامل»، كما قال تاترســال، بطريقة لم تكن مسبوقة. كان فتى توركانا «واحداً منا بشكل مؤكد جداً».

عــثر كيميو أيضــاً في بحيرة توركانا على كــي إن إم إي آر KNM-ER 1808، وهو أنثى تعود إلى 1.7 مليون سنة مما قدم للعلماء الدليل الأول بأن الإنسان المنتصب كان أكثر أهمية وتعقيداً مما اعتُقد سابقاً. كانت عظام المرأة مشوهة ومغطاة بمواد نامية خشنــة بسبب وضعية مؤلمة تُعرف باسم فرط تناول الفيتامين إي، التي تنشأ فقط من تناول كبد حيوان لاحم. أخبرنا هذا أولاً أن الإنسان المنتصب كان يأكل اللحوم. وكان الأكثر إدهاشاً هو أن كمية النمو أظهرت أنها عاشت أسابيع أو حتى شهوراً مع المرض. لقد اعتنى بها شخص. وكانت هذه الإشارة الأولى على الرقة في نشوء البشر.

اكتُشــف أيضــاً أن جماجم البشر المنتصبين احتوت علــى (أو ربما من وجهة نظر بعضهــم من المحتمل أنها احتوت) باحة بروكا*، وهــي منطقة في الفص الأمامي من الدمــاغ تتعلّــق بالنطق. لم يكــن للشمبانزي مزيّة كهــذه. ويعتقد آلن ووكــر أن النَّفق الشوكــي** لم يكن لــه الحجم والتعقيد الذي يمكّن من النطــق، بحيث إنّ المنتصبين تواصلــوا كالقردة الحديثة. وهنــاك آخرون مثل رتشارد ليكي مقتنعون بأنه كان بوسع البشر المنتصبين النطق.

وبــدا لبعض الوقــت أن الإنسان المنتصــب كان النوع البشري الوحيــد. كان مغامراً بشكل غير مسبوق وانتشر عبر الكوكب بسرعة مذهلة. ولو أخذنا سجل الأحافير حرفياً

---

* منطقة من مناطق الدِّماغ، تقع عادة في الجانب الأيسر من الفصّ الجبهي وأحياناً في الجانب الأيمن منه، ذات صلة بالحركات الضرورية لإحداث النُّطق. المترجم.

** قناة تتشكّل من مجموعات فتحات متلاحقة في الفقرات يمرّ عبرها الحبل الشّوكي. المترجم.

لرأينا أنه يوحي أن بعض أعضاء النوع وصلوا إلى جاوة في الوقت الذي غادروا فيه إفريقية أو قبله بقليل. قاد هذا بعض العلماء الآملين إلى اقتراح أن البشر الحديثين ربما لم ينشؤوا في إفريقية مطلقاً وإنما في آسية، مما سيكون لافتاً إذا لم نقل إعجازياً، بما أنه لم يوجد أي أنواع أخرى مبشرة عُثر عليها في أي مكان خارج إفريقية. إن البشر الآسيويين ظهروا على ما يبدو تلقائياً. على أي حال، إن بداية آسيوية ستعكس مشكلة الانتشار؛ وستظل مطالباً بشرح كيف وصل بشر جاوة إلى إفريقية بسرعة.

هناك شروح بديلة أكثر دقة عن: كيف نجح الإنسان المنتصب في الظهور في آسية في الحال بعد ظهوره في إفريقية. أولاً، إن كثيراً من الجمع والطرح يتعلق بتقدير عمر بقايا البشر الأوائل. إذا كان العصر الفعلي للعظام الإفريقية هو في النهاية العليا لمدى التقديرات أو كانت الجاوية في الطرف الأدنى، أو كليهما، فحينئذ هناك كثير من الوقت للإنسان الإفريقي المنتصب كي يعثر على طريقه إلى آسية. ومن المحتمل أيضاً أن عظام الإنسان المنتصب الأقدم بانتظار الاكتشاف. بالإضافة إلى ذلك، إن تواريخ جاوة يمكن أن تكون غير صحيحة.

ما هو مؤكد هو أنه منذ أكثر من مليون سنة، غادرت بعض الكائنات الجديدة، والحديثة نسبياً، والمنتصبة، إفريقية وانتشرت عبر الكوكب بكل جرأة. ربما فعلت ذلك بسرعة، قاطعة أربعين كيلومتراً في العام، وطوال الوقت كانوا يجتازون سلاسل الجبال والأنهار والصحارى وعوائق أخرى، ويتكيفون مع الاختلافات في المناخ ومصادر الغذاء. إن اللغز المحيّر هو كيف عبروا الجانب الغربي من البحر الأحمر؛ المنطقة القاحلة الآن، وكانت أكثر جفافاً في الماضي. وإنها لمفارقة غريبة أن الأوضاع التي حثّتهم على مغادرة إفريقية كانت ستصعّب من المغادرة كثيراً. ولكنهم نجحوا نوعاً ما في العثور على طريقة للخروج وتفادي الحواجز والازدهار في أراضٍ بعيدة.

وهنا - كما أخشى - يبدأ الخلاف. ما حدث فيما بعد في تاريخ التطور البشري هو مسألة جدل طويل وموسوم بالحقد، كما سنرى في الفصل القادم.

ولكن من الجدير أن نتذكر قبل أن نتابع أن هذه الانتقالات جميعها في غضون أكثر من خمسة ملايين سنة من قردة جنوب إفريقية بعيدة ومذهولة إلى بشر حديثين

جـداً، أنتجت كائناً لا يـزال لا يمكن تمييزه على المستوى الوراثـي بنسبة 98.4% عن الشمبانزي الحديث. هناك فرق أكبر بين حمار وحشي وحصان، أو بين دلفين وخنزير بحر، أكثر مما يوجد فرق بينك وبين الكائنات المشعرة التي تركها أسلافك البعيدون خلفهم، حين انطلقوا لاحتلال العالم.



الفصل التاسع والعشرون

القرد الذي لا يهدأ

منذ نحو مليون ونصف سنة، فعل جنس منسيٌّ من البشر الأوائل شيئاً غير متوقّع. تناول هو (أو ربما هي) حجراً واستخدمه بعناية كبيرة؛ كي يصوغ حجراً آخر. كانت النتيجة فأساً يدوية بسيطة على شكل دمعة، ولكنها كانت القطعة الأولى من التكنولوجيا المتقدمة في العالم.

كانت متفوقة على الأدوات الموجودة، بحيث إنّ الآخرين بدؤوا يحذون حذو الصانع ويصنعون فؤوسهم اليدوية الخاصة. في النهاية، وجدت مجتمعات برمتها بدت أنها لا تفعل شيئاً آخر. يقول إيان تاترسال: «إنهم يصنعون الفؤوس بالآلاف. هناك بعض الأمكنة في إفريقية حيث لا تستطيع أن تتحرك دون أن تدوس عليها. وهذا غريب؛ لأنها كانت تُصنع بكثافة. بدا وكأن صناعتها ممتعة جداً لهم».

ومن رف في الغرفة المغمورة بأشعة الشمس أنزل تاترسال علبة كبيرة، طولها متر وعرضها 20 سنتمتراً في نقطتها الأعرض، وسلّمها لي. كانت تشبه رأس الرمح، ولكنها بحجم حجر المعبر. كعلبة زجاج مغزول، كانت تزن عدة أونصات فقط، ولكن الأصلية، التي عثر عليها في تنزانية تزن 11 كيلوغراماً. قال تاترسال: «كانت أداة بلا فائدة بشكل كامل. تحتاج إلى شخصين لرفعها بشكل ملائم وسيكون من المرهق جداً قذف أي شخص بها».

«لماذا كانت تُستخدم إذاً؟».

هز تاترسال كتفيه بلطف، مسروراً من لغزها. «لا نعرف. ربما كان لها أهمية رمزية، ولكن هذا تخمين فحسب».

صارت الفؤوس تُعرف باسم الأدوات الأشوليّة*، على اسم أشول وهي ضاحية في آميينز في شمال فرنسة حيث عُثر على الأمثلة الأولى في القرن التاسع عشر، وهي

* ذو علاقة بالعصر الباليوليثي الأدنى الذي تميّز باستعمال أدوات قاطعة ثنائيّة الوجه. المترجم.

تختلف عن الأدوات الأبسط والأقدم التي تُعرف باسم أولدوان، التي عُثر عليها أولاً في أولدوفاي جورج في تنزانية. وفي النصوص المدرسية الأقدم، كانت تصور أدوات أولدوان أحجاراً مستديرة كليلة بحجم اليد. والواقع أن علماء الأنثروبولوجيا الإحاثية يميلون الآن إلى الاعتقاد بأن أجزاء الأدوات من صخور أولدوان كانت القطع التي انفصلت عن الأحجار الكبيرة، التي يمكن أن تستخدم للقطع.

والآن هنا اللغز. حين بدأ البشر الحديثون الأوائل الذين صاروا في النهاية نحن بالانتقال من إفريقية منذ أكثر من مئة ألف سنة، كانت الأدوات الأشولية التكنولوجيا المختارة. لقد أحب أولئك البشر المفكرون الأوائل أدواتهم الأشولية أيضاً. حملوها عبر مساحات شاسعة. و نقلوا أحياناً صخوراً غير مشغولة؛ كي يحوّلوها إلى أدوات فيما بعد. كانوا باختصار مخلصين للتكنولوجيا. ولكن بالرغم من أن الأدوات الأشولية عُثر عليها في إفريقية وأوروبة وغرب ووسط آسية فإنه لم يُعثر عليها أبداً في الشرق الأقصى. وهذا محيّر بشكل عميق.

وفي الأربعينيات، رسم عالم إحاثة من هارفارد يدعى هالم موفيوس شيئاً ما يُدعى خط موفيوس يفصل الجانب، الذي عُثر فيه على الأدوات الأشولية عن الجانب الذي لم يُعثر عليها فيه. يجري الخط في اتجاه جنوبي شرقي عبر أوروبة والشرق الأوسط إلى جوار كلكتا وبنغلادش الحاليتين. ووراء خط موفيوس، وعبر جنوب شرق آسية كله إلى الصين، لم يُعثر إلا على أدوات أولودوان الأقدم والأبسط. نعرف أن البشر الحديثين وصلوا إلى ما وراء هذه النقطة، وهكذا لماذا سيحملون تكنولوجيا حجرية متقدمة وثمينة إلى حافة الشرق الأقصى، ثم يهجرونها؟

تذكّر آلن ثورن من الجامعة القومية الأسترالية في كانبيرة: «لقد أزعجني هذا الوقت طويل. لقد استندت الأنثروبولوجيا الحديثة كلها إلى فكرة أن البشر جاؤوا من إفريقية في موجتين: موجة أولى من البشر المنتصبين، التي صارت إنسان جاوة وإنسان بكين، وفيما بعد، موجة أكثر تقدماً من البشر الحديثين، حلت مكان الأوائل. ولكن لقبول ذلك يجب أن تصدق أن البشر الحديثين وصلوا إلى هذا الحد البعيد بتكنولوجيتهم الأحدث ثم تخلوا عنها. كان هذا محيّراً جداً، هذا إذا قلنا أدنى شيء».

وكما تبيّن، سيكون هناك كمية كبيرة تسبب الحيرة وأحد أكثر الاكتشافات إرباكاً، من بين الجميع جاء من المكان الذي يحيا فيه ثورن، في الريف النائي الأسترالي. ففي عام 1968 كان هناك عالم جيولوجيا يُدعى جيم باولر يبحث في قاع بحيرة جفت منذ وقت طويل، تدعى منغو في زاوية جافة ومعزولة من نيو ساوث ويلز الغربية حين جذب عينيه شيء مفاجئ جداً. كانت تنتأ من حافة رملية على شكل هلال من النوع الذي يُدعى التل الهلالي عظام بشرية. كان يُعتقد في ذلك الوقت أن البشر كانوا في أسترالية منذ ثمانية آلاف عام فحسب، ولكن منغو كانت جافة لاثني عشر ألف عام. وهكذا ما الذي كان يفعله أي شخص في مكان كهذا غير قابل للسكن؟

إن الجواب، الذي قدّمه التأريخ بالكربون، هو أن صاحب العظام عاش هناك حين كانت بحيرة منغو مكاناً قابلاً للسكن، يبلغ طولها 20 كيلومتراً، وملأى بالمياه والأسماك، وتحف بها غيضات من أشجار الكاسوارينا Casuarina. وما سبّب دهشة الجميع تبين أن العظام تعود إلى 23 ألف سنة. برهنت عظام أخرى عُثر عليها في الجوار على أن عمرها ستون ألف عام. كان هذا غير متوقع إلى درجة بدا فيها مستحيلاً عملياً. فمنذ أن نشأت الأنواع البشرية الأولى على الأرض كانت أسترالية جزيرة. إن البشر الذين وصلوا إلى هناك يجب أن يعبروا البحر، في أعداد كبيرة بما يكفي للبداية بإنجاب السكان، بعد عبور 100 كيلومتر أو أكثر من المياه المفتوحة دون أن يمتلكوا أي طريقة كي يعرفوا أن يابسة ملائمة تنتظرهم. وبعد أن نزلوا على الشاطئ، عثر شعب المنغو على طريقه عابراً ثلاثة آلاف كيلومتر نحو داخل البلاد منطلقاً من ساحل أسترالية الشمالي نقطة الدخول المفترضة مما يوحي - بحسب تقرير في محاضر الأكاديمية القومية للعلوم - أنه «يمكن أن الناس وصلوا في البداية قبل ستين ألف سنة».

كيف وصلوا إلى هناك، ولماذا جاؤوا؟ سؤالان لا يمكن الإجابة عنهما. وبحسب معظم النصوص الأنثروبولوجية، ليس هناك دليل على أن الناس استطاعوا أن ينطقوا منذ ستين ألف سنة، أو أن ينخرطوا في جهود تعاونية ضرورية لبناء مراكب جديرة بالمحيط ويستعمروا القارات الجزر.

قال آلن ثورن لي حين قابلته في كانبيرة: «هناك كثير جداً الذي نجهله عن انتقال البشر قبل التاريخ المدوّن»، «هل تعرف أنه حين وصل علماء الأنثروبولوجيا في القرن

التاسع عشر إلى بابوا نيو غينيا، عثروا على بشر في أراضي الداخل المرتفعة - في بعض مناطق الأرض الأكثر صعوبة للوصول - يزرعون البطاطا الحلوة. إن البطاطا الحلوة ولدت في أمريكة الجنوبية. ولكن كيف وصلت إلى بابوا نيو غينيا؟ لا نعرف. لا نملك أدنى فكرة. ولكن ما هو مؤكد هو أن الناس كانوا ينتقلون بشكل لا يرقى إليه الشك مدة أطول مما ظُنّ تقليدياً، وكانوا بالتأكيد يتقاسمون الجينات والمعلومات».

إن المشكلة هي دوماً سجلّ الأحافير. يقول ثورن، وهو رجل ذو عين حادّة ولحية صغيرة مشذّبة وأسلوب مركّز وودّي: «إن أجزاء قليلة جداً من العالم يمكن أن تحفظ لوقت طويل البقايا البشرية»، «لولا بعض الأمكنة المنتجة مثل هادار وأولدوفاي في شرق إفريقية فإننا لن نعرف سوى القليل. وحين تبحث في مكان آخر فإننا لا نعرف في الغالب سوى القليل بشكل مخيف. إن الهند كلها لم تقدم إلا أحفوراً بشرياً واحداً قديماً، منذ نحو ثلاث مئة ألف عام. وبين العراق وفيتنام وهي مسافة خمسة آلاف كيلومتر كان هناك فقط اثنان: ذاك الذي في الهند وواحد نياندرتالي من أوزبكستان». ابتسم. «ليس هذا كثيراً كي تعمل عليه. أنت متروك في موقع ليس لديك فيه سوى بعض الأمكنة المنتجة للأحافير البشرية، وادي ريفت العظيم في إفريقية ومنغو هنا، في أسترالية، والقليل جداً بينهما. ليس من المفاجئ أن علماء الإحاثة يعانون من مشكلات في الوصل بين النقاط».

إن النظرية التقليدية لشرح الانتقالات البشرية والنظرية التي لا تزال مقبولة من غالبية الناس في هذا الحقل هي أن البشر انتشروا عبر أوراسيا في موجتين. اشتملت الأولى على الإنسان المنتصب الذي غادر إفريقية بسرعة بشكل لافت تقريباً حالما ظهر كنوع، وبدأ تقريباً منذ مليوني سنة. ومع مرور الوقت، وحين استقروا في مناطق مختلفة، تطور منتصبو القامة الأوائل هؤلاء إلى أنواع متميزة: إلى إنسان جاوة وإنسان بكين في آسية، وإلى إنسان هايدلبيرغ والإنسان النياندرتالي في أوروبة.

ثم نشأ شيء ما منذ مئة ألف سنة، كائن أكثر ذكاء وصغير، وهو سلف كل منا الآن في السهول الإفريقية وبدأ موجة ثانية. أينما ذهبوا - بحسب هذه النظرية - فإن البشر الحديثين طردوا أسلافهم الأكثر بلادة والأقل قدرة على التكيف. أما كيف فعلوا هذا

فقد كان دوماً موضوعاً للجدل. لم يُعثر على آثار ذبح، وهكذا فإن معظم العلماء يعتقدون أن النـوع البشـري الجديد كان أكثر كفـاءة من النوع القديم، بالرغم مـن أنه يمكن أن تكون عوامل أخرى قد أسهمت في ذلك. اقترح تاترسال: «ربما نقلنا إليهم الجدري. ليس هناك طريقة لمعرفة الحقيقة. الحقيقة الوحيدة هي أننا الآن هنا أما هم فلا».

إن البشـر الحديثـين الأوائل غامضون بشكل مفاجئ. نعـرف عن أنفسنا أقل مما نعـرف عن أي سلالة أخرى من البشر. وهذا غريـب بالفعل، كما يقول تاترسال: «إن معظم الحدث الرئيس الأخير في النشوء الإنساني ظهور نوعنا ربما هو الأكثر غموضاً مـن كل شـيء». ولا أحد يمكن أن يتفـق تماماً أين ظهر البشـر الحديثون أول مرة في سجـل الأحافير. وتقول كثير من الكتب: إن الظهور الأول حدث منذ نحو مئة وعشرين ألف سنة في شكل بقايا، اكتشفت عند مصب نهر كلاسيز في جنوب إفريقية، ولكن لا يقبل الجميع أن هؤلاء بشر حديثون بشكل كامل. ويؤكد تاترسال وشوارتز أنه «إن كان أي منهم أو كلهم يمثلون أنواعنا فإن هذا لا يزال ينتظر التوضيح».

إن الظهـور الأول غير المتنازع عليه للبشر الحديثـين هو في شرق المتوسط، المتعلق بإسرائيـل الحديثـة، حيث بـدؤوا يظهرون منذ مئـة ألف عام، ولكـن حتى هناك تم وصفهـم (من قبل ترنكاوس وشيبمان) بأنهم «غريبون، من الصعب تصنيفهم وغير معروفـين بشكل جيد». كان النياندرتاليون موجوديـن سابقاً في المنطقة، وكان لديهم نوع من الدلاء عرف باسم الأداة الموستيرية، التي وجدها البشر الحديثون جديرة بأن تُستعـار. لم يعثر على بقايـا نياندرتالية أخرى، وتعايش البشـر الحديثون بطريقة ما لعشـرات الآلاف من السنين في الشرق الأوسط. يقـول تاترسال: «لا نعرف إن عاشوا في المـدة نفسهـا وفي المكان نفســه أو عاشوا جنباً إلى جنب». ولكـن الحديثين واصلوا استخدام الأدوات النياندرتالية بسعادة، وهذا لا يشكل دليلاً مقنعاً على تفوق ساحق. ومـا لا يقل غرابة، هـو أن الأدوات الأشّولية عثر عليها في الشـرق الأوسط منذ مليون عام، ونادراً ما وجدت في أوروبة إلا منذ ثلاث مئة ألف عام. مرة ثانية، والذي لا يزال لغزاً لماذا لم يأخذ الناس الذين لديهم التكنولوجيا هذه التكنولوجيا معهم؟

ظُنّ لوقت طويل أن بشر كرومنيون Cro-Magnons، كما سُمّي البشر الحديثون في أوروبة، طردوا النياندرتاليين الذين قبلهم فيما كانوا يتقدمون عبر القارة، وأجبروهم

في النهايـة إلى الذهـاب إلى الأطراف الغربية للقارة، حيـث لم يكن لديهم خيار سوى السقـوط في البحـر أو الانقراض. والواقـع أنه من المعـروف الآن أن الكرومنيين كانوا في الغـرب الأقصـى الأوروبي في الوقت نفسه، الذي كانـوا يأتون فيه من الشرق. يقول تاترسال: «كانت أوروبة مكاناً فارغاً في ذلك الوقت. يمكن ألا يكونوا قد قابلوا بعضهم بعضاً طوال ذلك الوقت بالرغم من مجيئهم وذهابهم». إن إحدى غرابات مجيء إنسان كرومنيـون هو أنه جـاء في وقت سمّاه علم المنـاخ القديم فاصل بواتييـه Boutellier، حـين كانت أوروبة تنتقل من مدة من الاعتدال النسبي إلى مدة أخرى طويلة من البرد القارس. ومهما كان ما شدهم إلى أوروبة، فإنه لم يكن الطقس العظيم.

علـى أي حـال، إن فكـرة أنه تم القضـاء علـى النياندرتاليين على يـد منافسيهم الكرومونيـين الوافدين حديثاً غير مدعومة بأدلة كافيـة. كان النياندرتاليون أشدّاء. فقـد عاشـوا طوال عشـرات آلاف السنين في ظروف لا يستطيع سـوى قلة من العلماء القطبيـين والمستكشفـين أن يمـروا فيها. ففـي أثناء أسـوأ العصـور الجليدية كانت العواصـف الثلجية التي تهب بقوة الأعاصير مألوفة. وكانت درجات الحرارة تنخفض إلى 45 تحـت الصفـر. وكانـت الدببـة القطبيـة ترتحـل في الأوديـة الثلجية لجنوب إنكلـترة. وكان النياندرتاليـون ينسحبون من الأسوأ، ولكنهم جربـوا طقساً كان سيئاً كالشتـاء السيبيري الحالي. من المؤكد أنهم عانـوا فقد كان النياندرتالي الذي يعيش إلى فـوق الثلاثين محظوظاً، ولكنهم كانوا نوعاً مقاوماً بشكل رائع وغير قابلٍ للتدمير عمليـاً. عاشـوا على الأقل مئة ألف عام، وربما ضعـف ذلك، في منطقة تمتد من جبل طارق إلى أوزبكستان، وهذا مجرى ناجح لأي نوع في الوجود.

أمـا من هم؟ وكيف كانوا؟ فهي مسألة عليها خلاف وغير مؤكدة. فحتى منتصف القـرن العشرين كانت وجهة النظر الأنثروبولوجية المقبولـة عن النياندرتالي هي أنه مبهم ومحدودب ومتثاقل القدمين ويشبه القرد؛ أي رجل الكهف المثالي. حصلتّ حادثة مؤلمـة دفعت العلمـاء إلى إعادة التفكير بوجهـة النظر هذه. ففي عـام 1947، وفيما كان يقـوم بعمل ميداني في الصحراء، لجأ عالم إحاثة فرنسي جزائري الأصل يدعى كميل أرامبورغ هارباً من حرارة منتصف النهار إلى ظل جناح طائرته الخفيفة. حين

جلس هناك، انفجر إطار بسبب الحرارة فاهتزت الطائرة فجأة موجّهة إليه ضربة في الجزء الأعلى من جسمه. فيما بعد في باريس ذهب كي يصور عنقه بأشعة إكس ولاحظ أن فقراته كانت مصطفة مثل فقرات الإنسان النياندرتالي المنحني والضخم. إما كان بدائياً على المستوى الفسيولوجي أو أن وضعية النياندرتالي لم تُوصف بشكل دقيق. وفي الحقيقة كان الأمر هو الثاني. لم تكن فقرات النياندرتالي تشبه القرد مطلقاً. غيّر هذا بشكل كامل فهمنا للنياندرتالي، ولكن لبعض الوقت كما تبيّن.

لا يزال هناك اعتقاد شائع بأن النياندرتاليين يفتقرون إلى الذكاء أو كي يتنافسوا بشكل مساوٍ مع الوافدين الجدد إلى القارة، النحيلين والأكثر ذكاء،أي البشر الحديثين. وإليكم تعليقاً من كتاب صدر حديثاً: «لقد حيّد البشر الحديثون هذه الميزة [البنية الجسدية الأكثر قوة للنياندرتاليين] بثياب أفضل، ونيران أفضل ومأوى أفضل؛ بينما كان النياندرتاليون عالقين بجسم ضخم يقتضي المزيد من الغذاء كي يستمر». بتعبير آخر، إن العوامل نفسها التي سمحت لهم بأن يحيوا بنجاح لمئة ألف عام صارت فجأة عقبة لا يمكن تجاوزها.

فضلاً عن ذلك، إن المسألة التي لم تُعالج أبداً هي أن النياندرتاليين كان لهم أدمغة أكبر من أدمغة البشر الحديثين: 1.8 ديسمتر للنيادرتاليين إزاء 1.4 ديسمتر للحديثين، وفق حساب واحد. وهذا أكثر من فرق بين الإنسان الحديث والإنسان منتصب القامة، النوع الذي يسعدنا أن نعدّه بصعوبة إنساناً. والحجة التي طُرحت هي أنه بالرغم من أن أدمغتنا كانت أصغر، فقد كانت أكثر فاعلية. أعتقد أنني أقول الحقيقة حين أقول: إنه لم تقد حجة كهذه إلى أنه ليس في أي مكان آخر في التطور الإنساني.

يمكنكم أن تسألوا إنه بما أن النياندرتاليين كانوا ضخام الجثة وقابلين للتكيّف وبأدمغة جيدة، فلماذا ليسوا معنا؟ إن أحد الإجابات الممكنة ولكن المثيرة للجدل هي ربما هم معنا. إن آلن ثورن هو أحد مؤيدي نظرية بديلة تُعرف باسم فرضية تعدد الأقاليم، التي تقول: إن التطور الإنساني كان متواصلاً فكما تطور القرد الجنوب إفريقي إلى الإنسان البارع Homo habilis وصار إنسان هايدلبرغ مع مرور الزمن نياندرتالياً، وهكذا تطوّر الإنسان الحديث من الأشكال البشرية الأقدم. من هذا

المنظـور، إن الإنسان المنتصب القامة ليس نوعـاً منفصلاً وإنما طور انتقالي. وهكذا فـإن الصينيين الحديثين ينحـدرون من الإنســان المنتصب القامة القـديم، وينحدر الأوروبيـون الحديثون مـن منتصبي القامة الأوروبيين، وهكـذا دواليك. ويقول ثورن: «ليس هنـاك منتصبو قامـة إلا بالنسبة لي. وأعتقـد أنه مصطلـح استمر أكثر مما ينبغـي. بالنسبـة لي منتصب القامة جزء أولي منا. أعتقـد أن نوعاً واحداً من البشر فحسب غادر إفريقية، وذلك النوع هو البشر الحديثون».

إن معارضـي نظريـة تعدد الأقاليـم يرفضونها أولاً على أسـاس أنها تتطلب كمية مـن التطور المماثل من قبـل الأنواع البشرية عبر العالم القـديم، في إفريقية والصين وأوروبـة، وأكـثر الجـزر الأندنوسية بعـداً، وأينما ظهـروا. ويعتقد بعضهـم أيضاً أن تعدد الأقاليم يُشجّع على النظـرة العرقية. استغرق علماء الأنثروبولوجيا وقتاً طويلاً للتخلّـص من هذه النظريـة. ففي أوائل الستينيات اقترح عـالم أنثروبولوجيا مشهور يُدعـى كارلتون كون من جامعـة بنسلفانية، أن بعض الســلالات الحديثة لها مصـادر أصـل مختلفـة، مما يعني أن بعضنا جاء من أصل متفـوق على الآخرين. عكست هذه النظريـة بشكل غير مريح معتقدات قديمة بأن بعضـ السلالات الحديثة مثل «رجال الأدغال» (بشكل صحيح كالاهاري سان) والمواطنين الأصليين الأستراليين كانوا أكثر بدائية من الآخرين.

مهما كان ما شعر به كارلتون كون شخصياً فإن المعنى الضمني لكثير من البشر هو أن بعض السلالات كانت أكثر تقدماً، وأن بعض البشر يمكن أن يشكّلوا جوهرياً أنواعاً مختلفاً. إن وجهة النظر هذه، التي هي عدائية بشكل غريزي الآن، انتشرت بشكل واسع في كثـير من المناطق المحترمة حتى أوقات متأخرة. أمامي كتاب نشرته دار منشورات الزمـن الحياة في 1961 بعنوان «ملحمة الإنسان»، وهو يستند إلى سلسلة من المقالات من مجلة لايف. ويمكنك أن تعثر فيه على تعليقات مثل «إن الإنسان الروديسي... عاش منـذ خمسـة وعشرين ألف سنة وربمـا كان سلف الزنوج الأفارقـة. كان حجم دماغه قريبـاً إلى حجم دمـاغ الإنسان الحديث». بتعبير آخر، انحدر الأفارقة السود من مدة قصيرة من كائنات كانت فقط «قريبة» من البشر الحديثين.

رفض ثورن رفضاً قاطعاً - كما أعتقد - فكرة أن نظريته عرقية، وتفسّر تماثل التطور البشري عبر اقتراح أن هناك كثيراً من الاختلاط بين الثقافات والأقاليم. يقول: «ليس هناك سبب لافتراض أن البشر ذهبوا باتجاه واحد فحسب. كان الناس يتحركون في الأمكنة جميعها، وحيث كانوا يلتقون كانوا بالتأكيد يتقاسمون تقريباً المادة الجينية عبر التهاجن. لم يحل الوافدون الجدد مكان السكان الأصليين، وإنما انضموا إليهم. أصبحوا هم». وشبّه الموقف بالموقف الذي صادف فيه مستكشفون مثل كوك أو ماجلان شعوباً بعيدة أول مرة. «لم تكن تجمعات أنواع مختلفة، وإنما النوع نفسه مع بعض الفروق الجسدية».

يصرّ ثورن على أن ما ترونه في سجل الأحافير هو تحوّل طفيف متواصل. «هناك جمجمة مشهورة من بترالونا في اليونان، تعود إلى نحو ثلاث مئة ألف عام، كانت موضوعاً للسجال بين التقليديين؛ لأنها تبدو بطريقة ما كالإنسان منتصب القامة وبطرق أخرى كالإنسان الحديث. حسناً، ما نقوله هو أن هذا ما ستتوقعون أن تكتشفوه في أنواع كانت تتطور بدلاً من أن تنزح».

إن الشيء الذي سيساعد على حل المسائل سيكون دليل التهاجن، ولكن ليس من السهل البرهنة على هذا، أو دحضه، من المستحاثات. واكتشف علماء الأنثروبولوجيا في البرتغال عام 1999 هيكلاً عظمياً لطفل عمره أربع سنوات مات منذ 24,500 سنة. كانت الجمجمة حديثة كلياً، ولكن ببعض السمات القديمة المهجورة التي ربما هي نياندرتالية: عظام ساقين قوية، وأسنان مسطحة وعريضة حديثة، (بالرغم من أن الجميع لا يتفقون على ذلك) وثلمة في ظهر الجمجمة تدعى التجويف، وهي صفة حصرية للنياندرتاليين. أعلن إيريك ترنكاوس من جامعة واشنطن في سينت لويس، المرجع الرئيس عن النياندرتاليين، أن الطفل مهجّن: وهذا دليل على التزاوج بين النياندرتاليين والبشر الحديثين. وواجه آخرون مشكلة أن ملامح البشر النياندرتاليين والحديثين لم تكن أكثر انسجاماً. وكما عبّر أحد النقاد: «إذا نظرت إلى بغل، فليس لديك الطرف الأمامي الذي يبدو كحمار والطرف الخلفي الذي يبدو كحصان».

أعلن أيان تاترسال أن هذا ليس أكثر من طفل حديث قصير ومكتنز. قيل: إنه يمكن أن يكون هناك بعض المداعبة الجنسية بين النياندرتاليين والبشر الحديثين، ولكنه لا

يعتقد أن هذا يمكن أن ينتج سلالة ناجحة تناسلياً*. كما يقول: «لا أعرف عن أي متعضيين في أي حقل في البيولوجيا هما مختلفان هكذا، ولا يزالان في النوع نفسه».

ولأن سجل الأحافير غير مساعد هكذا، التفت العلماء بشكل متزايد إلى الدراسات الجينية، خاصةً الجزء المعروف باسم عضيّات الـ (DNA). اكتشفت عضيات الـ (DNA) في 1964، ولكن في الثمانينيات أدركت بعض الأرواح العبقرية من جامعة كاليفورنية في بيركلي أن لها سمتين قدمتا لها ملاءمة معيّنة كنوع من الساعة الجزيئية: ويتم تمريرها عبر الخط الأنثوي، وهكذا فإنها لا تختلط مع الـ(DNA) الأبوي مع كل جيل جديد، وتتحول أسرع بعشرين مرة من الـ(DNA) النووي العادي، جاعلة من السهل رصد واتباع النماذج الجينية مع مرور الزمن. فعبر رصد نسب التحول استطاعوا استنتاج التواريخ الجينية وعلاقات مجموعات كاملة من البشر.

وفي عام 1987 قام فريق من بيركلي قاده المرحوم آلن ولسون بتحليل عضيّات (DNA) من 147 فرداً، وأعلن أن نشوء البشر الحديثين تشريحياً حصل في إفريقية في المئة وأربعين ألف عام الأخيرة، وأن «كل بشر اليوم الحاليين انحدروا من أولئك السكان». كانت هذه ضربة قوية للقائلين بتعدد الأقاليم. ولكن عندئذ بدأ الناس ينظرون بدقة إلى تلك المعطيات. إن إحدى النقاط الفائقة للعادة التي هي فائقة للعادة حقاً كي تشرف، هي أن الأفارقة الذين استُخدموا في الدراسة كانوا أمريكيين من أصل إفريقي، والذين على ما يبدو خضعت جيناتهم لتدخل معتبر عبر بضع مئات من السنين الماضية. وبزغت الشكوك في الحال في نسب التحولات المفترضة.

وفي عام 1992، رُفِضَت الدراسة. ولكن استمر صقل تقنية التحليل الجيني؛ ففي 1997 نجح العلماء في جامعة ميونخ في انتزاع وتحليل بعض الـ (DNA) من عظم ذراع الإنسان النياندرتالي الأصلي، وهذه المرة صمد الدليل. اكتشفت دراسة ميونخ

* إن أحد الاحتمالات هو أن النياندرتاليين وبشر كرومنيون كان لهم أعداد مختلفة من الكروموسومات، وهذا تعقيد ينتج عادة حين تتحد الأنواع القريبة ولكن غير المتماثلة. ففي عالم الخيول مثلاً، تمتلك الخيول 64 كروموسوماً والحمير 62. زاوج بين الاثنين وتحصل على سلالة بعدد من الكروموسومات غير المفيدة تناسلياً، 63. تحصل، باختصار على بغل عقيم.

أن الـ (DNA) النياندرتالي لا يشبه أي (DNA) عثر عليه على الأرض الآن، مما يشير بقوة إلى أنه لم يكن هناك رابط جيني بين النياندرتاليين والإنسان الحديث. كانت هذه في الحقيقة ضربة للقائلين بتعدد الأقاليم.

في أواخر عام 2000، قالت مجلة نيتشر ومنشورات أخرى: إن دراسة سويدية لعضيّات (DNA) ثلاثة وخمسين شخصاً أوحت أن كل البشر الحديثين بزغوا من إفريقية في أثناء المئة ألف سنة الماضية، وجاؤوا من أرومة لا تتجاوز عشرة آلاف شخص. بعد ذلك حالاً، أعلن مدير معهد وايتهد - مركز معهد ماساتشوسيتس لتكنولوجيا أبحاث الجينوم إريك لاندر - أن الأوربيين الحديثين وربما البشر البعيدين انحدروا من «ما لا يتجاوز بضع مئات من الأفارقة الذين غادروا وطنهم منذ 25 ألف سنة».

وكما سبق أن نبهنا، إن الكائنات البشرية تظهر تنوعاً جينياً قليلاً «هناك تنوع في مجموعة واحدة من 55 شمبانزياً أكثر مما يوجد في البشر جميعاً»، كما قال أحد العلماء وهذا يشرح السبب. ولأننا انحدرنا حديثاً من سكان قليلين مؤسسين، لم يكن هناك وقت كافٍ أو بشر كافون لتقديم مصدر من التنوع الكبير. وبدت هذه ضربة حادة جداً لتعدد الأقاليم. وقال أكاديمي من (بين ستيت) للواشنطن بوست: «بعد هذا، لن يكون الناس مهتمين جداً بنظرية تعدد الأقاليم، التي لا تملك أدلة كافية».

ولكن هذا أغفل القدرة اللانهائية تقريباً على المفاجأة التي أبداها شعب مونغو القديم من نيو ساوث ويلز الغربية. وفي أوائل 2001، أفاد ثورن وزملاؤه في الجامعة الأسترالية القومية أنهم أخرجوا الـ (DNA) من أقدم عينات المونغو، التي تعود الآن إلى 62 ألف سنة وأن هذا الـ (DNA) برهن أنه «متميّز وراثياً».

إن إنسان المونغو، بحسب هذه الاكتشافات، كان حديثاً تشريحياً مثلك ومثلي ولكنه يحمل نسباً جينياً مميزاً. إن عضيّات الـ (DNA) لديه لم يعد يُعثر عليها في البشر وكأنه انحدر مثل البشر الحديثين من أفراد غادروا إفريقية حديثاً.

قال ثورن بمتعة واضحة: «لقد قلب هذا كل شيء رأساً على عقب مرة أخرى».

ثم بدأت شذوذات أخرى أكثر لفتاً للنظر بالظهور. فقد اكتشفت روزاليند هاردنغ - وهي عالمة وراثة مختصة بالسكان في معهد الأنثروبولوجيا البيولوجية في أكسفورد،

فيمـا كانت تدرس جينات البتغلوبين betglobin في البشر الحديثين - فرقين شائعين بين الآسيويـين والسكان المحليين لأسترالية، ولكن لا يـكادان يوجدان في إفريقية. إن الجينتـين المتغايرتـين، كما هي متأكـدة، نشأتا منذ أكثر من مئتـي ألف سنة ليس في إفريقيـة ولكـن في شرق آسية، قبل وقـت طويل من وصول البشـر الحديثين إلى هذه المنطقـة. إن الطريقة الوحيدة لتفسيرهمـا هي القول: إن أسلاف الشعب الذي يعيش الآن في آسيـة اشتمـل على بشر بدائيـين: رجل جاوة وما شابه. ومـن اللافت أن هذا الجين المختلف نفسه جين رجل جاوة يظهر في السكان الحديثين في أكسفوردشير.

ذهبـت مشوشاً، إلى مقابلة هاردنـغ في المعهد، الذي يقع في فيلا قديمة من الآجر في بانـبري رود في أكسفورد. هاردنغ أسترالية صغـيرة ومرحة، أصلها من بريسبين، وتتمتع بموهبة نادرة بأنها مرحة وجدية في آن واحد.

قالـت علـى الفور، وهي تبتسـم حين سألتها كيـف أن النـاس في (أكسفوردشير) يـأوون سلاسل متعاقبة مـن البتغلوبين يجب ألا تكون هنـاك: «لا أعرف»، ثم واصلت كلامها بتجهم أكبر: «بالمجمل، إن السجل الجيني يدعم فرضية الخروج من إفريقية. ولكنك حينئذ تعثر على تلك المجموعات من الحالات الشاذة، التي يفضل معظم علماء الوراثة عدم الحديث عنها. ثمة كميات كبيرة من المعلومات ستكون متوافرة لنا لو أننا نستطيع فهمها فحسب، ولكننا لم نفهمها بعد. بالكاد بدأنا». رفضت الاعتماد على ما يقولـه لنا وجود جينات ذات أصل آسيـوي في أكسفوردشاير، معتبرة أن الموقف معقد بوضـوح. «كل ما نستطيع قوله في هـذه المرحلة هو أن الأمر غير منظّم بشكل كبير ولا نعرف في الحقيقة لماذا؟».

وفي وقـت لقائنا، في أوائل 2002، كان هناك عالم آخر من أكسفورد يدعى برايان سايكس نشر كتاباً شعبياً بعنوان «البنات السبع لحواء» زعم فيه - مستخدماً دراسات عضيّـات الـ (DNA) - أنه قادر على أن يتعقب تقريبـاً الأوروبيين الأحياء جميعاً إلى سـكان مؤسسـين من سبع نساء فحسـب «بنات حوّاء»، كما يقـول العنوان «عشن منذ عشرة آلاف إلى خمسة وأربعين ألف عام في زمن يعرفه العلم باسم العصر الباليوليثي. ومنح سايكس لكل من هـؤلاء النساء اسماً أورسولا، وزينيا، وجاسمين وهكذا دواليك

وسـيرة شخصية مفصّلة. (كانت أورسولا الابنة الثانية لأمها. أما الطفلة الأولى فقد التهمتها لبوة حين كانت في الثانية من عمرها...).

حـين سألت هاردنغ عن الكتـاب ابتسمت ابتسامة عريضة ولكـن بحرص، وكأنها غـير متأكدة كيف تجيب: «حسناً، أعتقد أنـك يجب أن تمنحه بعض الجدارة في جعل موضـوع صعب شعبياً»، قالت ثم توقفت وهي تفكـر. «ويبقى الاحتمال البعيد أنه على صـواب». ضحكت، ثم تابعت بشكل أكثر تصميمـاً: «إن المعطيات من أي جينة مفردة لا يمكـن في الواقـع أن تقول لك أي شـيء محدد. إذا تبعت عضيّـات الـ (DNA) إلى الخلـف، فستأخذك إلى مكان محـدد، إلى أورسولا أو تـارا أو أي اسم آخر. ولكن إن أخـذت أي قطعة أخرى مـن الـ (DNA)، أي جين لا على التعيين، وتعقبته، فسيأخذك إلى مكان آخر».

إن الأمـر يشبه سلوك طريق بنحو عشوائي خارج لندن واكتشاف أنه ينتهي أخيراً في جون أو جروتز، وتستنتج من هذا أن أي شخص في لندن لا بد أنه جاء نتيجة لذلك من شمال أسكتلندة. يمكن أنهم جاؤوا من هناك بالطبع، ولكن كان يمكن بنحو مساوٍ أن يأتـوا مـن مئات الأمكنـة الأخرى. بهذا المعنـى، وبحسب هاردنـغ، إن كل جين هو طريـق سريع مختلف، وبالـكاد بدأنا نضع خرائط الطرق. كمـا قالت: «لا يوجد جين واحد يستطيع أن يخبرك القصة كلها».

إذاً يجب ألا نثق بالدراسات الجينية.

«آه، ليس بوسعك أن تثق بالدراسات بما يكفي، إذا تحدثنا عامةً، فما يمكنك الثقة به هو النتائج الساحقة التي يربطها الناس غالباً بها».

إنهـا تعتقد أن الخروج من إفريقية هو «علـى الأرجح صحيح بنسبة 95%» ولكنها أضافـت: «أعتقـد أن الجانبين سببا ضـرراً للعلم عن طريق الإصـرار على أنه يجب أن يكـون شيئـاً أو آخر. من المحتمـل أن يتبـين أن الأشياء ليست صحيحـة كما يريد كل معسكـر منـك أن تعتقد. إن الدليل بـدأ يوحي بوضوح أن هنـاك هجرات متعددة وانتشـارات في أجـزاء مختلفة من العـالم في الاتجاهات جميعها وتمـزج عامةً زمرة الجينات. وليس من السهل ترتيب هذا».

كان هناك أيضاً عدد من التقارير التي تشكك بصدق مزاعم عن استعادة (DNA) قديمة. فقد نوّه أكاديمي في مقال نُشر في مجلة نيتشر كيف أن عالم إحاثة - حين سأله زميل إن كان يعتقد أن جمجمة قديمة هي مطلية - لعق قمتها وأعلن أنها كذلك. قالت مقالة نيتشر: «إن كميات كبيرة من الـ (DNA) البشري الحديث يتم نقلها إلى الجمجمة»، مما يجعلها دون فائدة للدراسة المستقبلية. سألت هاردنغ عن هذا فقالت: «لا بد أنها كانت ملوثة سابقاً. إنها مجرد معالجة عظم تلوثه. فالنفخ عليه يلوّثه. ومعظم المياه في مخابرنا ستلوثه. إننا نسبح جميعاً في (DNA) أجنبي. من أجل الحصول على عيّنة نظيفة بشكل موثوق يجب أن ننقب عنها في ظروف معقمة، ونقوم بالاختبارات عليها في الموقع. إن أدق شيء في العالم هو ألا تلوّث عيّنة».

سألتها: أيجب أن تعامل مزاعم كهذه بشك إذاً؟

أجابت هاردنغ بتجهم كبير: «بشك كبير».

إذا رغبت أن تفهم في الحال لماذا لا نعرف سوى القليل عن الأصول البشرية، فبوسعي أن أدلك على المكان. إنه يبعد قليلاً خلف حافة تلال نجونج الزرقاء في كينية، إلى جنوب وغرب نيروبي. قُدْ سيارتك خارج المدينة على الطريق السريع الرئيس إلى أوغندة وهناك ستأتي لحظة من العظمة المفاجئة حين ستنبسط الأرض وترى منظراً كالذي يُشاهد من طائرة شراعية للسهل الإفريقي الأخضر الشاحب الذي بلا حدود.

هذا وادي الخسف الكبير الذي يتقوّس عبر 3000 ميل من شرق إفريقية، محدداً التمزق التكتوني الذي فصل إفريقية عن آسية. هنا، ربما على بعد 65 كيلومتراً من نيروبي، على طول أرض الوادي اللافحة، يوجد موقع قديم يدعى أولورجيسيلي Olorgesaili، الذي انتصب مرة إلى جانب بحيرة كبيرة وجميلة. وفي عام 1919، بعد أن اختفت البحيرة بوقت طويل، كان هناك عالم جيولوجيا يدعى جي.دبليو. غريغوري يفتش المنطقة، بحثاً عن المعادن حين عثر على فسحة من الأرض منقطة بأحجار سوداء شاذة صنعتها يد بشرية كما بدا بوضوح. لقد عثر على أحد أعظم مواقع صناعة الأدوات الأشّولية التي أخبرني عنها إيان تاترسال.

وعلى نحو غير متوقع، وفي خريف 2002 قمت بزيارة هذا الموقع الفائق للعادة. ذهبت إلى كينية من أجل هدف آخر، لزيارة بعض المشروعات التي تديرها المؤسسة الخيرية كير إنترناشنال، ولكن مضيفيَّ الذين كانوا يعرفون أنني مهتم بأصول البشر من أجل هذا الكتاب الحالي، أدخلوا زيارة أولورجيسيلي في برنامج الزيارة.

بعد أن اكتشفه عالم الجيولوجيا غريغوري ظل موقع أولورجيسيلي دون إزعاج طوال عقدين قبل أن يبدأ الفريق المشهور المؤلف من الزوجين لويس وماري ليكي بالتنقيب الذي لم يكتمل بعد. ما عثرا عليه كان موقعاً يمتدّ نحو عشرة دونمات، حيث كانت الأدوات تُصنع بأعداد لا تُحصى تقريباً لمليون عام، من نحو 1.2 مليون سنة إلى منذ مئتي ألف سنة. واليوم تمت حماية مواقع الأدوات من أعتى العناصر تحت سقوف قصديرية مائلة، وتم تسييجها بالأسلاك الخاصة بالدجاج من أجل منع تخريب الزوار الانتهازيين، ولكن بخلاف ذلك، تُركت الأدوات حيث تركها صانعوها وحيث عثر عليها آل ليكي.

أخبرني جيلاني نجالي – وهو شاب ذكي من المتحف الوطني الكيني أرسل كي يعمل دليلاً – أن صخور الكوارتز والسَّبج التي صُنعت منها الفؤوس لم يعثر عليها أبداً في قاع الوادي. «كان عليهم أن يحملوا الأحجار من هناك»، قال مشيراً إلى جبلين في المسافة المتوسطة الضبابية، يقعان في الجهة المقابلة من الموقع: أولورجيسيلي وأول إيساكوت. و يبعد كل منهما 10 كيلومترات، وهذا طريق طويل لنقل الأحجار باليد.

لا نعرف على وجه اليقين لماذا تكبّد شعب أولورجيسيلي عناء كهذا. لم ينقلوا أحجاراً ثقيلة لمسافات طويلة فحسب إلى جانب البحيرة، ولكن ربما – وبشكل أكثر لفتاً للنظر – قاموا عندئذ بتنظيم الموقع. كشفت تنقيبات ليكي أنه كان هناك مناطق تُصنع فيها الفؤوس ومناطق تُشحذ فيها. كان الموقع، باختصار نوعاً من المعمل؛ بقي مستخدماً لمليون عام.

أظهرت عمليات تصنيع نسخ مطابقة أن الفؤوس كانت صعبة الصنع، وتستغرق عملاً طويلاً، تستغرق صناعة الفأس ساعات ومع ذلك، وبشكل لافت، لم تكن جيدة للقطع والفرم أو التقشير أو أي مهمة أخرى صممت من أجلها كما هو مفترض. وهكذا

تُركنـا في موقف أنه لمليون سنة، قبـل ولادة نوعنا بوقت طويل جداً، وقبل انخراطه في جهود تعاونية متواصلة جاء الناس الأوائل بأعداد معتبرة إلى هذا الموقع الخاص؛ كي يصنعوا أعداداً كبيرة جداً من الأدوات التي يبدو كأنه لا هدف من ورائها.

مـن كان هـؤلاء الناس؟ لا نملـك في الواقع أي فكـرة. نفترض أنهـم كانوا البشر المنتصبـي القامة؛ لأنه لا يوجـد مرشّحون آخرون، مما يعني أنه في أوج وجودهم كان العمـال في أولورجيسيلي يمتلكون دماغ رضيع. ولكـن ليس هناك دليل مادي كي نبني عليـه هذا الاستنتاج. فبالرغم مـن أكثر من ستين عاماً من البحث، لم يُعثر أبداً على عظـم بشـري في موقـع أولورجيسيلي أو إلى جـواره. ومهما كان الوقـت الطويل الذي قضوه هناك يقطعون الصخور يبدو كأنهم ذهبوا إلى مكان آخر؛ كي يموتوا.

قال لي جيلاني نجالي، وهو يتألق بالسعادة: «كل هذا لغز».

اختفى شعب أولورجيسيلي من المشهد منذ نحو مئتي ألف سنة حين جفّت البحيرة، وبـدأ وادي الخسـف يصبح المكان الحار الصعب الذي هو عليـه الآن. في ذلك الوقت كانـت أيامهـم نوعهم معدودة. كان العالم على وشك الحصـول على سلالته السيدة: البشر المفكرون. إن الأمور لن تكون على ما هي عليه أبداً مرة ثانية.



الفصل الثلاثون

وداعاً

في أوائل ستينيات القرن السابع عشر، وفي الوقت الذي كان يجلس فيه إدموند هالي وصديقاه كريستوفر رين وروبرت هوك في مقهى في لندن، ويباشرون الرهان الذي تم بالمصادفة ونتج عنه كتاب إسحاق نيوتن المبادئ، وفي الوقت الذي حدد فيه هنري كافندش وزن الأرض وتم كثير من المشروعات الأخرى الملهمة والجديرة بالثناء التي شغلتنا في الصفحات الأربع مئة الأولى كان يجري حدث غير مرغوب في جزيرة موريتيوس، بعيداً في المحيط الهندي على بعد 1300 كيلومتر من جزيرة مدغشقر.

كان هناك بحّار أو حيوان بحّار يقتل آخر حيوانات الدودو، وهو الطائر المشهور بأنه لا يطير، ولكن طبيعته الغامضة التي تجعله يثق بالآخرين وافتقاره إلى السرعة جعلاه هدفاً سهلاً للبحارة الشبان الضجرين في أثناء الإجازة على الشاطئ. إن ملايين الأعوام من العزلة الآمنة لم تهيّئه لمواجهة سلوك بني البشر العشوائي والمثير للأعصاب.

لا نعرف بالضبط الظروف - أو حتى العام - الذي يشهد اللحظات الأخيرة لآخر طائر دودو، وهكذا لا نعرف أيّها نشأ أولاً، عالم يحتوي على المبادئ أو يحتوي على طيور الدودو، ولكننا نعرف أنهما حدثا في الوقت نفسه. ومهما بحثت فإنك لن تجد حدثين أفضل لإيضاح الطبيعة المقدسة والوضيعة للكائن البشري، إنه نوع من المتعضيات القادرة على كشف أعمق أسرار السماء، بينما في الوقت نفسه يدفع نحو الانقراض - دون أي سبب على الإطلاق - كائناً لم يسبب لنا أي أذى ولم يكن قادراً أن يفهم من بعيد ما الذي كنا نفعله له. والواقع أن طيور الدودو لا تشاهد كثيراً ولكن إذا شئت أن تعثر عليها في منطقة، فكل ما عليك أن تفعله هو أن تأسر طائراً وتتركه يصرخ، وستأتي جميع الطيور الأخرى؛ كي ترى ما المشكلة.

لم تنتهِ الإساءات لطائر الدودو المسكين هنا. ففي 1755، بعد سبعين سنة من مقتل آخر طائر دودو، قرر مدير متحف آشمولين في أكسفورد أن طائر الدودو المحنط في

المؤسسة صار يصدر رائحة عفونة كريهة وأمر بإحراقه. كان هذا قراراً مفاجئاً؛ لأنه كان طائـر الدودو الوحيد في الوجود. حاول موظـف أرعبته الحادثة أن ينقذ الطائر، ولكنه لم يستطع أن ينقذ إلا رأسه وجزءاً من أحد أعضائه.

نتيجة لهذا ولمخالفات أخرى للحس العام لسنا متأكدين بشكل كامل كيف كان طائر الـدودو الحي. إن المعلومات التـي نملكها في هذا الصدد قليلة بخلاف ما يظن الناس، وهي مجرد وصف خام قام به «رحالة غير علميين، وثلاث أو أربع لوحات زيتية، وبعض شظايا العظام المبعثرة»، كما قال بحزن عالم الطبيعة في القرن التاسع عشر (هـ. إي. ستريكلاند). وكما نبَّه بكآبة، لدينا المزيد من الأدلة المادية عن بعض الوحوش البحرية القديمـة وعظائيـات الأقدام (الصربـود) ذات المشية المتثاقلـة، أكثر مما نعرف عن طائر عاش حتى الأزمنة الحديثة ولم يقتضِ منا أي شيء كي يعيش سوى غيابنا.

وهكذا، فإن ما هو معروف عن الدودو هو الآتي: عاش في موريتيوس، وكان ممتلئاً ولكنـه ليس طيب المذاق، وكان العضو الأكبر في عائلة الحمام، غير أن وزنه لم يسجل أبـداً. تظهـر التقديـرات الاستقرائية مـن «الشظايـا العظمية» لستريكلانـد وبقايا آشميلـون المتواضعـة أن طوله كان أكثر من قدمين ونصف بقليـل من قمة المنقار إلى المؤخِّـرة. وكونه لا يطـير، كان يعشش على الأرض تاركاً بيضـه وفراخه فرائس سهلة للخنازيـر والكلاب والقردة التي يحضرها الأجانب إلى الجزيرة. ربما انقرض طائر الدودو عام 1683 ومن المؤكد أنه انتهى عام 1693. بعد ذلك لا نعرف تقريباً أي شيء عـن عاداته التناسلية وغذائه، أين انتشـر، وأي صوت يصدره في الهدوء أو الذعر. لا نملك إلا بيضة دودو وحيدة.

إن مـا نعرفـه عن طيور الدودو هو أن حياتها استمـرت سبعين سنة فحسب. وهذه مـدة قصـيرة جداً. هذا يدفعنا إلى القول - عند هذه النقطة في تاريخنا -: إننا قمنا طـوال آلاف الأعوام بعمليات الاستئصال التي تـؤدي إلى الانقراضات. لا أحد يعرف تمامـاً كـم هم البشر مدمِّـرون، وفي الخمسين ألـف سنة الأخيرة، كانـت الحيوانات تتلاشى وبأعداد مفاجئة في غالب الأحيان في الأمكنة كلها.

ففي أمريكة، اختفى ثلاثون جنساً من الحيوانات الكبيرة بعضها ضخم بالفعل بعد وصول البشر الحديثين إلى القارة منذ 10 آلاف أو 20 ألف سنة. وفقدت كل من أمريكة الشمالية وأمريكة الجنوبية ثلاثة أرباع حيواناتهما الكبيرة تقريباً، حالما وصل الإنسان الصياد برماحه ذات الرؤوس الصوانية، وقدراته التنظيمية الذكية. أما أوروبة وآسية، حيث أمضت الحيوانات مدة أطول؛ كي تطوّر حذراً من البشر، فقد فقدتا من ثلث إلى نصف حيواناتهما الكبيرة. و فقدت أسترالية 95% منها لأسباب أخرى.

كان الصيادون الأوائل قليلي العدد نسبياً، وكان عدد الحيوانات كبيراً جداً يُعتقد أن جثث عشرة ملايين ماموث تستلقي مجمّدة في السهل السيبيري الأجرد وحده، وهذا ما دفع بعض العلماء إلى الاعتقاد بأنه يجب أن تكون هناك شروح أخرى، ربما تشتمل على التغيّر المناخي أو أنواع ما من الجوائح. وكما عبّر عن الأمر روس مكفي من المتحف الأميركي للعلم الطبيعي: «ليس هناك فائدة مادية من اصطياد الحيوانات الخطرة وليس هناك كثير من قطع لحم الماموث التي تستطيع أكلها». يعتقد آخرون أنه يمكن أن يكون سهلاً على نحو إجرامي اصطياد الفريسة وسحقها. يقول تيم فلانيري: «ربما لم تكن الحيوانات في أسترالية وأمريكة تعرف ما يكفي كي تهرب».

كانت بعض الحيوانات التي فُقدت كبيرة بشكل هائل، ولو كانت موجودة لاحتجنا إلى طريقة للتعامل معها. تخيل حيوان الكسلان الأرضي الذي يستطيع أن ينظر عبر نافذة الطابق العلوي، سلاحف بحجم سيارة فيات تقريباً، وعظاءات تتشمس إلى جانب الطرق الصحراوية السريعة في غرب أسترالية. للأسف، تلاشت، ونحن نعيش على كوكب يشهد انقراضاً متزايداً لهذه الأنواع. واليوم، لا يوجد في أنحاء العالم كله إلا أربعة أنواع من الحيوانات الأرضية الثقيلة (طن أو أكثر): الفيل، والكركدّن، وفرس النهر والزرافة. ولم يحدث طوال عشرات الملايين من السنين أن صارت الحياة على الأرض متناقصة ومحدودة.

إن السؤال الذي يطرح نفسه هو إن كانت انقراضات العصر الحجري وانقراضات الأزمنة الأحدث جزءاً من حدث انقراضي واحد،أو إن كان البشر يشكلون أنباء سيئة للكائنات الحية الأخرى؟ إن الاحتمال المحزن هو أننا يمكن أن نكون هكذا. فبحسب

عــالم الإحاثة في جامعة شيكاغو ديفـد روب، إن نسبة الانقراض على الأرض في أثناء التاريـخ البيولوجي كانت فقدان نوع واحد كل أربـع سنوات. قال رتشارد ليكي وروجر لويـن في كتاب الانقراض السادسـ: إن الانقراض الذي يسببه البشر الآن يسبق ذلك المستوى بمئة وعشرين ألف مرة.

في منتصف التسعينيات، صُعق عالم الطبيعة الأسترالي تيم فلانيري، الذي يرأس الآن المتحـف الأسـترالي الجنوبـي في أدليد، مـن محدودية معرفتنا عـن انقراضات كثـيرة، بما فيها انقراضـات حديثة نسبيـاً. «أينما نظرت يبـدو أن هناك فجوات في السجـلات، وقطعـاً مفقودة، كما هو الأمر مع الدودو، أو غـير مسجّلة على الإطلاق»، هذا ما قاله لي في ملبورن في أوائل عام 2002.

طوّع فلانيري صديقه بيـتر تشاوتن Peter Schouten وهو فنان وزميل أسترالي، وانطلقـا معاً في بحث استحـواذي قليلاً؛ كي يبحثا في المجموعـات الرئيسة في العالم للعثـور علـى ما هو مفقـود، وما هو متبقٍ، ومـا لم يكن معروفاً على الإطـلاق. أمضيا أربـع سنوات وهما يبحثان عـبر الجلود القديمة والعينات المتعفنـة والرسوم القديمة والوصـف المـدون وكل ما كان متاحاً. وضع تشاوتن رسومـاً مطابقة واقعية للحيوانات جميعهـا التـي استطاعا إعـادة تصويرها، وكتب فلانـيري الكلمات. كانـت النتيجة كتابـاً فائقاً للعادة بعنوان «فجوة في الطبيعة»، يشكل الدليل الأكمل والأكثر تأثيراً عن انقراضات الحيوانات في الأعوام الثلاث مئة الماضية.

كانـت السجـلات جيدة لبعض الحيوانـات ولكن لم يفعـل أحد أي شيء بهـا، أحياناً لسنـوات عدة، وأحياناً إلى الأبد. إن بقرة البحـر التي اكتشفها ستيلار، وهي كائن يشبه الفقمة من فصيلة الأطَوم، كانت واحدة من آخر الحيوانات الكبيرة التي انقرضت. كانت ضخمـة في الواقـع، فالبالغ منها يمكـن أن يبلغ طوله 9 أمتار، ويـزن 10 أطنان ولكننا لا نعرفهـا إلا، لأن بعثة روسية عام 1741 صادف أن غرقت سفينتها في المكان الوحيد الذي كانت تعيش فيه هذه الحيوانات، وهي جزر كوماندر البعيدة الضبابية في بحر بيرنغ.

ولحسـن الحظ كان في الحملة عـالم طبيعة يدعى جورج ستيلـر سحره الحيوان. يقـول فلانيري: «بدأ بوضـع الملاحظات الوصفية الدقيقة لـه وقاس قطر شعره. كان

الشـيء الوحيد الذي لم يصفه هو عضو الذكـر، بالرغم من أنه كان سعيداً بما يكفي كي يصف عضو المرأة. حتى إنه أخذ قطعة من الجلد، وهكذا فإننا نمتلك فكرة جيدة عن نسيجه. ولكن لم نكن دوماً محظوظين هكذا».

إن الشـيء الوحيد الـذي لم يستطع أن يفعله ستيلر هو إنقـاذ بقرة البحر نفسها. فأبقـار البحر التـي اصطيدت سابقـاً إلى درجة الانقراض اختفت بعـد 27 سنة من اكتشـاف ستيلر لها. إن كثيراً من الحيوانـات الأخرى لم يتم إدراجها؛ لأنها مجهولة: الفـأر الوثـاب في دارلنغ داون، التـمّ في جزر تشاسام، طائر المرعـة الذي لا يطير في جزيرة أسنشن، على الأقل خمسة أنواع من السلاحف الضخمة، وأخرى كثيرة ضاعت إلى الأبد بالنسبة لنا ولم يبقَ إلا أسماؤها.

اكتشـف فلانيري وتشاوتن أن كمية كبيرة مـن الانقراض لم تكن قاسية أو عابثة، وإنما ناجمة عن الحمق. ففي 1894 حين بُنيت منارة على صخرة منعزلة تُدعى جزيرة ستيفـن في المضيـق العاصف بين الجـزر الشمالية والجنوبيـة في أيرلندة، كانت قطة حارسـ المنارة تحضر عصافير صغيرة غريبة اصطادتها. أرسل الحارس عينات إلى متحف ولنغتون. وهنـاك أثير مدير المتحف كثيراً؛ لأن الطائر كان نوعاً نادراً من طيور الصّعـو غـير الطائرة والمغـردة، التي لم يسبق أن عثر عليهـا في أي مكان. انطلق إلى الجزيـرة على الفور، ولكن في الوقـت الذي وصل فيه كانت القطة قد قتلت العصافير كلها. وكل ما تبقى الآن من طيور جزيرة ستيفن اثنا عشر طائراً محنطاً.

علـى الأقل لدينـا هذه. وفي غالـب الأحيان، لسنـا أفضل في العنايـة بالأنواع بعد أن تلاشـت مما كنـا قبل أن تنقرض. خذ مثـال ببغاء كارولينا متعـدد الألوان، بلونه الزمـردي الأخضـر، ورأســه الذهبي الـذي كان أجمل طائـر في أمريكـة الشمالية، فالببغاوات لا تغامر عادة بالذهاب بعيداً إلى الشمال، كما يمكن أن تلاحظوا عاش في أعداد كبيرة، لم تتجاوزها إلا الحمامة المهاجرة. ولكن ببغاء كارولينا عدّ آفة من قبل المزارعين ويمكن اصطياده بسهولة؛ لأنه لا يطير بشكل متماسك ومن عادته أن يهرب حين يسمع صوت طلقة البندقية، ثم يعود بسرعة؛ كي يفحص الرفاق الساقطين.

وصف تشارلز ولسون بيل في كتابه الكلاسيكي «طيور أمريكة» الذي كُتب في أوائل القرن التاسع عشر، مناسبة قام فيها بشكل متكرر بإطلاق النار في الشجرة التي تأوي إليها:

«لدى كل طلقة كان يسقط عدد كبير من الطيور، وبالرغم من ذلك كانت عاطفة الناجين تزداد؛ ذلك أنه بعد بضع دورات حول المكان كانت تحط قربي مرة ثانية، وتنظر إلى زملائها المقتولين بأعراض جلية من التعاطف والقلق، مما جردني من سلاحي بالكامل».

في العقد الثاني من القرن العشرين تم اصطياد الطيور بشكل لا يلين، بحيث إنّ بعضها بقي حياً في الأسر فحسب. وكان آخرها الذي يدعى آنكا قد نفق في حديقة حيوانات سنسناتي عام 1918 (ولم يكن قد مرَّ أربع سنوات على نفوق الحمامة المهاجرة في الحديقة نفسها) وتم تحنيطه باحترام. وإلى أين ستذهب الآن كي تشاهد الآنكا المسكين؟ لا أحد يعرف. لقد فقدته الحديقة.

إن ما هو مخادع ومحيّر في القصة أعلاه هو أن بول كان محباً للطيور، ومع ذلك لم يتردد في قتلها بأعداد كبيرة دون أي سبب سوى أن ذلك يمتعه. وإنه لمن المذهل حقاً أنه لوقت طويل جداً، كان الناس المهتمون أكثر بأشياء العالم الحية هم الذين يدفعونها إلى الانقراض.

لم يمثل أحد هذا الموقف على وزن كبير سوى لوينيل والتر روتشيلد، البارون روتشيلد الثاني، سليل العائلة المصرفية الكبيرة، الذي كان شخصاً غريباً انعزالياً. عاش حياته كلها من 1868 إلى 1937 في جناح الحضانة في منزله في ترينغ، في بكنغمهمشير، يستخدم أثاث طفولته، وينام في سرير طفولته، بالرغم من أن وزنه صار 135 كيلوغراماً.

كان مولعاً بالتاريخ الطبيعي وصار جامعاً مخلصاً للأشياء. كان يرسل حشوداً من الرجال المدرّبين أحياناً 400 في المرة الواحدة إلى زوايا الكوكب جميعها؛ كي يتسلقوا الجبال، ويشقوا طريقهم عبر الأدغال؛ بحثاً عن العيّنات، خاصةً، الأشياء التي تطير.

كانت توضع في صناديق وعلب وتُرسل إلى عزبة روتشيلد في ترينغ، حيث يبدون هو، وكتيبة من مساعديه ويحللون كل ما يأتي إليهم، منتجين جدولاً متدفقاً من الكتب والأبحاث والدراسات، التي بلغ عددها 1200. وعالج معمل التاريخ الطبيعي الخاص بروتشيلد أكثر من مليوني عيّنة وأضاف خمسة آلاف نوع من الكائنات إلى الأرشيف العلمي.

من اللافت أن جهود روتشيلد في الجمع لم تكن الأكثر شمولاً أو تلك التي مُوِّلتَ بكرم أكبر في القرن التاسع عشر. فاللقب ينتمي بالتأكيد إلى جامع بريطاني أقدم بقليل وثري أيضاً يدعى هيو كمينغ، صار منهمكاً بجمع الأشياء، بحيث إنّه بنى سفينة كبيرة لارتياد المحيط ووظف طاقماً، كي يبحر حول العالم لالتقاط كل ما يعثر عليه من الطيور والنباتات والحيوانات من الأنواع جميعها، خاصة الأصداف. كانت مجموعته التي لا تُضاهى من البرنقيل هي التي وصلت إلى دارون وخدمت كأساس لدراسته الرشيمية.

على أي حال، كان روتشيلد الجامع الأكثر علمية في عصره، بالرغم من أنه كان أيضاً الأكثر إهلاكاً بشكل يسبب الأسى، ذلك أنه في تسعينيات القرن التاسع عشر صار مهتماً بهاواي، التي ربما هي أكثر بيئة معرضة للخطر على الأرض بسبب إغرائها. سمحت ملايين سنوات العزلة لهاواي أن تطور 8800 نوع فريد من الحيوانات والنباتات. ما كان يهم روتشيلد هو طيور الجزيرة الملونة والمميزة التي كانت في الغالب تتألف من أعداد صغيرة جداً، تسكن سلاسل محددة جداً.

إن مأساة كثير من طيور هاواي هي أنها لم تكن مميزة، ومرغوبة ونادرة فحسب ومزيج خطر في أفضل الظروف، ولكن كان من السهل اصطيادها بشكل يحطم القلب. إن طيور البرقش الكبيرة، وهي عدد من الطيور غير الضارة كانت تحط بخجل في ظلال أشجار الكوا Koa، ولكن حين يقلد أحد غناءها فإنها تهجر مخبأها في الحال وتطير في عرض جميل. تلاشت آخر الأنواع عام 1896 بعد أن قتلها صياد روتشيلد الممتاز هاري بالمر، بعد خمس سنوات من اختفاء أبناء عمومتها طيور البرقش الأصغر، وهي من الطيور النادرة، بحيث إنّه لم يُر منها إلا واحد: ذلك الذي اصطيد لمجموعة روتشيلد. وفي أثناء عملية الجمع التي قام بها روتشيلد، التي استمرت عقداً، تلاشت تسعة أنواع من طيور هاواي، وربما أكثر.

لم يكن روتشيلد وحيداً في هذا الولع باصطياد الطيور مهما كانت الكلفة. كان هناك آخرون أكثر وحشية. ففي 1907 حين أدرك جامع مشهور يدعى ألانسون بريان أنه قتل العينات الثلاث الأخيرة من طيور المامو السوداء black mamo، وهي من طيور الغابة اكتشفت العقد الماضي فحسب، قال: إن هذا النبأ أمتعه كثيراً.

كان هذا عصراً من الصعب سبره. كانت الحيوانات جميعها تُضطهد إذا عُدّت متطفلة قليلاً. ففي 1890 دفعت ولاية نيويورك مئة منحة مالية من أجل أسود الجبال الشرقية، بالرغم من أنه كان من الواضح أن المخلوقات التي اعتدي عليها كثيراً كانت على حافة الانقراض. وحتى الأربعينيات واصلت كثير من الولايات دفع المنح المالية من أجل أي نوع من الحيوانات الضارية. وقد منحت ويست فرجينية منحة كلية سنوية لكل من يُحضر العدد الأكبر من الحيوانات المؤذية، وكانت هذه تعني الحيوانات جميعها التي لا تُربّى في المزارع أو يحتفظ بها لأنها أليفة.

ربما لا شيء يعبر بحيوية عن غرابة الأزمنة أكثر من مصير مغنّي باكمان الشادي، وهو طائر أصله من جنوب الولايات المتحدة ويشتهر بأغنيته الجميلة غير العادية، ولكن عدده - الذي لم يكن كبيراً أبداً - انحدر بالتدريج إلى أن تلاشى في الثلاثينيات ولم يُرَ سنين كثيرة. ثم في 1939 وبمصادفة سعيدة عثر رجلان متحمسان للطيور في منطقتين تفصل بينهما مسافة كبيرة على طائرين ناجيين منها بفاصل يومين. وأطلق كلاهما النار على الطائرين.

لم يكن دافع الاستئصال مقتصراً على أمريكا. ففي أسترالية، قدمت المنح من أجل الذئب التَّسماني، وهو حيوان يشبه الكلب عليه تخطيطات تشبه تخطيطات النمر، قبل وقت قصير من نفوق آخر واحد منها، مهجوراً وبلا اسم، في حديقة حيوان هوبارت في عام 1936. اذهب إلى متحف تسامانيان اليوم واطلب رؤية آخر حيوان من هذا النوع: الحيوان الجرابي الوحيد اللاحم والضخم الذي عاش حتى الأزمنة الحديثة، وكل ما يستطيعون تقديمه لك هو صور و61 ثانية من مشهد سينمائي قديم. وحينما نفق، رُمي آخر ذئب تسماني مع القمامة الأسبوعية.

أذكر كل هذا؛ كي أوضح أنكم إذا كنتم تصممون متعضياً للعناية بالحياة في كوننا الوحيد، كي يراقب إلى أين هو ذاهب ويسجل أين كان، فإنكم لن تختاروا الكائنات البشرية من أجل هذا العمل.

ولكن إليكم نقطة مهمة: لقد اختارنا القدر أو العناية الإلهية أو ما تشاؤون تسميته. وبقدر ما أستطيع القول، نحن أفضل الموجودات. وإنها لفكرة مثيرة للأعصاب أننا يمكن أن نكون الإنجاز الأعلى في الكون وكابوسه الأسوأ في آن واحد.

ولأننا مهملون بشكل لافت حيال العناية بالأشياء، سواء أكانت حية أم ميتة، فإننا لا نمتلك أدنى فكرة أو أي فكرة في الواقع عن كيفية انقراض أشياء كثيرة بشكل دائم، أو يمكن أن تنقرض بسرعة، أو يمكن ألا تنقرض أبداً، والدور الذي أديناه في أي جزء من العملية. وفي عام 1979، وفي كتابه السفينة التي تغرق، اقترح نورمان مايرز أن الأنشطة البشرية كانت تسبب انقراضين في الأسبوع على الكوكب. وفي أوائل التسعينيات، رفع الرقم إلى 600 في الأسبوع. (وهذا انقراض للأنواع جميعها: النباتات والحشرات وكذلك الحيوانات). وصدر تقرير عن الأمم المتحدة عام 1995 قال: إن عدد الانقراضات الكلي في الأعوام الأربع مئة الأخيرة هو تحت الخمس مئة بقليل للحيوانات، وأكثر من ست مئة وخمسين بقليل للنباتات. يضيف التقرير أن هذا «تقدير بخس بشكل مؤكد تقريباً»، بالنسبة للأنواع الاستوائية خاصة. ويعتقد بعض المؤولين أن معظم أرقام الانقراضات مبالغ فيها.

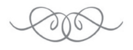
والواقع أننا لا نعرف. ولا نمتلك أي فكرة. نجهل متى بدأنا نفعل كثيراً من الأشياء التي فعلناها. لا نعرف ماذا كنا نفعل أو كيف ستؤثر أفعالنا الحالية على المستقبل. ما نعرفه هو أن هناك كوكباً واحداً نفعله فيه، ونوع واحد قادر على أن يحدث فرقاً. وقد عبر إدوارد ولسون عن هذا بإيجاز رائع في كتابه تنوّع الحياة: «كوكب واحد، تجربة واحدة».

إذا كان هذا الكتاب يعلّم درساً، فهو أننا محظوظون بشكل رهيب لكوننا هنا، وأعني بكلمة نحن الأشياء الحية كلها. ذلك أن الحصول على أي نوع من الحياة في

هــذا الكون الخاص بنــا إنجاز مهم. ولأننا بشر، فنحــن محظوظون بشكل مضاعف: فنحــن لا نتمتّع بامتياز الوجود فحسب، وإنمــا أيضاً بالقدرة على تقديره، وعلى جعله أفضل بطرق عديدة. وهذه خدعة بدأنا نفهمها لتوّنا.

وصلنا إلى هذا الموقع من البروز في وقت قصير بشكل مذهل. وعلى المستوى السلوكي كان البشر الحديثون موجودين ليس لأكثر من 0.0001 من تاريخ الأرض. هذا لا شيء تقريباً. إلا أن الوجود لوقت قصير كهذا تطلب خيطاً لانهائياً من الحظ الجيد.

نحن في الحقيقة في بداية الأمر كله. إن الخدعة بالطبع هي التأكد من أننا لن نصل إلى النهاية أبداً. وهذا، بالتأكيد، سيقتضي أكثر من أوقات استراحة محظوظة.



هوامش

الفصل الأول: كيف نبني كوناً

ص 29 البروتونات صغيرة جداً: Bodanis, E=mc^2, p.111.

ص 29 والآن ضعه في ذلك المكان الصغير جداً:

Guth, The Inflationary Universe, p.254

ص 30 يبدو أن الإجماع يتحرك نحو رقم هو نحو 13.7 بليون عام: نيويورك تايمز، «الكون يتوضع من أجل صورة مبكرة، يتخلى عن الأسرار»:

12 Feb. 2003, p.1, US News and World Report ' How old is the Universe?' 18-25 Aug.1997, pp.34-6.

ص 30 جاءت اللحظة التي عرفها العلم باسم t = 0:

Guth, The Inflationary Universe, p.86.

ص 31 صعدا إلى الطبق اللاقط مرة ثانية بمكانس وفراشي ونظفاه:

Lawrence M. Krauss, Rediscovering Creation, in shore (ed) Mysteries of Life and the Universe, p.50.

ص 32 أداة يمكن أن تقوم بالعمل: the Bell antenna :30 an instrument that might do the job .p ,Lonely Hearts of the Cosmos .153.

ص 30 عثرا على حافة الكون: Scientific American .pp ,2001 .an],`Echoes from the Big Bang` .38-43The.

ص 32 لقد وسع اكتشاف بنزياس وولسون معرفتنا بالمرئي:

Guth, The Inflationary Universe, p.101.

ص 33 ترى نحو 1% من الثبات الراقص: Gribbin, In the Beginning, p. 18.

ص 33 «هذه قريبة جداً إلى المسائل الدينية»: New York Times, 'Before the Big Bang, There Was. ..What?', 22 May 2001, p. Fl.

ص 34 أو جزء من 10 ملايين ترليون ترليون من الترليون: Alan Lightman, 'First Birth', in Shore (ed.), Mysteries of Life and the Universe, p. 13.

ص 34 كان في الثانية والثلاثين من عمره، وباعترافه هو، لم يحدث أبداً: Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 216.

ص 34 ألهمت المحاضرة جوث كي يهتم: Guth, The Inflationary Universe, p. 89.

ص 34 يتضاعف بالحجم كل 10-34 ثانية:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 242.

ص 34 غيرت الكون من شيء تستطيع إمساكه في يدك إلى شيء أكبر

بـ 10,000,000,000,000,000,000,000,000:

New Scientist, 'The First Split Second', 31 March 2001, pp. 27-30.

ص 35 موزع بشكل تام من أجل خلق النجوم، والمجرات وأنظمة أخرى معقّدة، ساينتفيك أمريكان، «النجوم الأولى في الكون»، كانون الأول 2001، ص 64 71؛ نيويورك تايمز، «أصغ بدقة:

From Tiny Hum Came Big Bang', 30 April 2001, p. 1.

ص 36 «أكد تريون أنه لا أحد أحصى المحاولات الخائبة:

quoted by Guth, The Inflationary Universe, p.14.

ص 36 يقوم بتناظر مع مخزن ثياب ضخم جداً:

Discover, 'Why Is There Life?', Nov. 2000, p.66.

ص 36 بالتعديل الأقل للأرقـام الكـون: Rees,Just Six Numbers, p. 147.

ص 36 على المدى الطويل، يمكن أن يتكشف أن الجاذبية قوية جداً قليلاً:

Financial Times, ‘Riddle of the Flat Universe’, 1-2 July 2000;

Economist, ‘The World is Flat after All’, 20.

ص 37 المجرات تبتعد عن بعضها: Weinberg, Dreams of a Final Theory, p. 26.

ص 38 يفترض العلماء فحسب أننا لا نستطيع في الواقع أن نكون المركز:

Hawking, A Brief History of Time, p. 47.

ص 38 هذا الكون المرئي الكون الذي نعرفه ونستطيع التحدث عنه:

Hawking, A Brief History of Time, p. 13.

ص 38 عدد الأعوام الضوئية إلى حافة هذا الكون الأضخم غير المرئي:

Rees,just Six Numbers, p. 147.

الفصل الثاني: أهلاً بكم في المنظومة الشمسية

ص 39 من خفقان وتذبذب أصغر النجوم:

New Yorker, ‘Among Planets’, 9 Dec. 1996, p. 84.

ص 39 «أقل من طاقة ندفة ثلج تضرب الأرض»: Sagan, Cosmos, p. 261.

ص 39 في صيف ذلك العام، عالم فلك شاب يُدعى جيمس كريستي:

US Naval Observatory press release,

‘20th Anniversary of the Discovery of Pluto’s Moon Charon’, 22 June 1998.

ص 39 كان بلوتو أصغر مما افترض الجميع:

Atlantic Monthly, 'When Is a Planet Not ~ Planet?', Feb.

1998, pp. 22-34.

ص 40 كما عبّـر عالم الفلك كلارك تشابمان:

quoted on PHS Nova, 'Doomsday Asteroid', first broadcast

29 April 1997.

ص 40 استغرق الأمر سبع سنوات لأي شخص لرؤية القمر مرة ثانية:

US Naval Observatory press release, '20th Anniversary of the Discovery of Pluto's Moon Charon', 22 June 1998.

ص 41 بعد بحث صبور مدة سنة رأى نوعاً ما بلوتو:

Tombaugh paper, 'The Struggles to Find the

Ninth Planet', from NASA website.

ص 41 واصل بضعة علماء فلك الاعتقاد أنه يمكن أن يكون هناك الكوكب إكس:

Economist, 'X marks the spot', 16 Oct. 1999, p. 83.

ص 42 حزام كيبر ابتكره نظرياً عالم فلك اسمه ف. سي. ليونارد عام 1930:

Nature, 'Almost. Planet X', 24 May 2001, p. 423.

ص 42 فقط في 11 شباط 1999 عاد بلوتو إلى المجاز الخارجي:

Economist, 'Pluto Out in the Cold,' 6 Feb.1999, p. 85.

ص 43 في بداية كانون الأول 2002 عثر على أكثر من ست مئة جرم إضافي عابر لنبتون:

Nature,'Seeing Double in the Kuiper Belt', 12 Dec. 2002, p.618.

ص 43 مثل قطعة من الفحم:

Nature, ‘Almost Planet X’, 24 May 2001, p. 423.

ص 43 الآن يطير مبتعداً عنا بسرعة 56,000 كيلومتر في الساعة تقريباً:

PBS NewsHour transcript, 20 Aug. 2002.

ص 44 ولكن كل المادة المرئية فيه... تملأ ليس أقل من جزء من ترليون من الفراغ المتاح:

Natural History, ‘Between the Planets’, Oct. 2001, p. 20.

ص 45 العدد الكلي الآن هو على الأقل تسعون:

New Scientist, ‘Many Moons’, 17 March 2001, p. 39; Economist, ‘A Roadmap for Planet-Hunting’, 8 Apri12000, p. 87.

ص 45 لن نصل إلى سحابة أورت حتى عشرة آلاف عام آخر:

Sagan and Druyan, Comet, p. 198.

ص 45 وربما يؤدي إلى موت الطاقم:

New Yorker, ‘Medicine on Mars’, 14 Feb. 2000, p. 39.

ص 46 وهكذا تندفع الشهب بطريقة مهيبة بسرعة 220 ميلاً في الساعة:

Sagan and Druyan, Comet, p.195.

ص 47 إن الفراغ الأكمل الذي سبق وخلقه البشر ليس فارغاً كالفراغ الواقع بين النجوم: Ball, H20, p. 15

ص 47 جارنا الأقرب في الكون، قنطورس القريب Proxima Centauri:

Guth, The Inflationary Universe, p. 1; Hawking,

A Brief History of Time, p. 39.

ص 47 المسافة المتوسطة بين النجوم: Dyson, Disturbing the Universe, p. 251

ص 48 «لو أننا أُقحمنا في الكون عشوائياً»، كتب ساغان: Sagan, Cosmos, p. 5

الفصل الثالث: كون الموقر إيفانز

ص 51 يطلق في لحظة ما يعادل طاقة 100 بليون شمس:

Ferris, The Whole Shebang, p. 37.

ص 12 «مثل ترليون قنبلة هيدروجينية ينفجرن سوية»:

Robert Evans, interviewed Hazelbrook, Australia, 2 Sept. 2001.

ص 52 يخصص له نصاً في فصل عن العلماء المتوحّدين:

Sacks, An Anthropologist on Mars, p. 189.

ص 53 «مهرج مزعج»: Thorne, Black Holes and Time Watps, p. 164

ص 54 رفض أن يُترك وحيداً معه: Ferris, The Whole Shebang, p. 125

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 18.

ص 54 إن الذرات ستسحق في الواقع سوية:

Nature, ‘Twinkle, Twinkle, Neutron Star’, 7 Nov. 2002, p. 31.

54 ما يكفي لإحداث أكبر انفجار في الكون:

Thorne, Black Holes and Time Watps, p. 171.

ص 54 لم يصادق عليه بعد:

Thorne, Black Holes and Time Watps, p.174.

ص 54 «أحد أكثر الوثائق علماً بالغيب في تاريخ الفيزياء وعلم الفلك»:

Thorne, Black Holes and Time Watps, p. 174.

ص 54 «لم يفهم قوانين الفيزياء»:

Thorne, Black Holes and Time Watps, p. 175.

ص 55 لن يشد انتباهاً جدياً لأربعة عقود تقريباً:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 18;

ص 55 نحو ستة آلاف نجم مرئية للعين المجردة:

Harrison, Darkness at Night, p. 3.

ص 57 في عام 1987 انطلق سول بيرلمتر للعثور على مزيد من مناهج البحث عنها:

BBC Horizon documentary, 'From Here to Infinity', transcript of programme first broadcast 28 Feb. 1999.

ص 58 «إن أخبار حدث كهذا تسافر بسرعة الضوء، وكذلك الدمار»:

interview with John Thorstensen, Hanover, NH, 5 Dec. 2001.

ص 59 فقط ستاً من المرات في التاريخ المدون كان المستشعر الفائق (السوبرنوفا) قريباً بما يكفي كي يكون مرئياً للعين المجردة:

Note from Evans, 3 Dec. 2002.

ص 60 «عالم كون ومجادل»:

Nature, 'Fred Hoyle (1915-2001)', 17 Sept. 2001, p. 270.

ص 60 طور البشر أنوفاً ناتئة كطريقة لمنع البكتيريا الكونية من الدخول فيها:

Gribbin and Cherfas, The First Chimpanzee, p. 190.

ص 60 باستمرار يخلق المادة فيما هو يتقدم:

Rees,Just Six Numbers, p. 75.

ص 61 في 200 مليون عام فقط، وربما أقل:

Stevens, The Change in the Weather, p. 6.

ص 62 معظم المادة القمرية - كما يُعتقد - جاءت من قشرة الأرض، وليس من لبها:
New Sdentist supplement, ‘Firebirth’, 7 Aug. 1999, n.p.

ص 62 في الحقيقة اقترحت في البداية في الأربعينيات من قبل رجينالد دالي من هارفارد:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, p.38.

ص 62 يمكن أن تتجمد الأرض بشكل مستمر:

Drury, Stepping Stones, p. 144.

الفصل الرابع: قياس الأشياء

ص 67 في مجرى مهنة طويلة ومنتجة: Sagan, Comet, p. 52.

ص 67 «منحنى محدد ودقيق جداً»: Feynman, Six Easy Pieces, p. 90.

ص 69 هوك... زعم أنه حل المشكلة: Gjertsen, The Classics of Science, p. 219.

ص 68 وحكها دائرياً «بين عيني والعظم»:

quoted by Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p.106.

ص 68 ثم لم يخبر أحداً عنها مدة 27 سنة: Durant, The Age of Louis .xIV, p. 538.

ص 70 حتى عالم الرياضيات الألماني العظيم جوتفريد فون لايبنتز:

Durant, The Age of Louis .xIV, p. 546.

ص 70 «أحد أقل الكتب توافراً»: Cropper, Great Physicists, p. 31

ص 70 متناسب مع كتلة كل منها ويتنوع بشكل معكوس كمربع المسافة بينهما»:
Feynman, Six Easy Pieces, p. 69.

ص 72 وكما درجت العادة لدى نيوتن لم يسهم بأي شيء:

Calder, The Comet Is Coming!, p. 39.

71 دُفع له بدلاً من ذلك نسخ من كتاب تاريخ الأسماك:

Jardine, Ingenious Pursuits, p. 36.

ص 73 إلى «مقدار ضئيل»: Wilford, The Mapmakers, p.98

ص 74 كانت الأرض أكبر بثلاثة وأربعين كيلومتراً حين قيست من القمة إلى القاع حول القطبين:

Asimov, Exploring the Earth and the Cosmos, p. 86.

ص 75 كان غيوم لو جنتيل أقل حظاً:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p. 134.

ص 77 ماسون ودكسون أرسلا رسالة إلى الجمعية الملكية:

Jardine, Ingenious Pursuits, p. 141.

ص 78 «قيل: إنه ولد في منجم للفحم الحجري»:

Dictionary of National Biography, vol. 12, p. 1302.

ص 79 نعرف أنه في عام 1772:

American Heritage, 'Mason and Dixon: Their Line and its Legend', Feb. 1964, pp. 23-9.

ص 80 من أجل الملاءمة، افترض هتون:

Jungnickel and McCormmach, Cavendish, p. 449.

ص 80 لجأ إلى ميتشل؛ كي يأخذ التعليمات من أجل صناعة التلسكوبات:

Calder, The Comet Is Coming!, p. 71.

ص 81 «إلى درجة تتاخم المرض»:

Jungnickel and McConnmach, Cavendish, p. 306.

ص 81 «يتحدث كأنما في فراغ»:

Jungnickel and McConnmach, Cavendish, p. 305.

ص 82 أشار أيضاً إلى «عمل كيلفن وج.إتش. دارون حول التأثير الاحتكاكي للمد والجزر»:

Crowther, Scientists of the Industrial Revolution, pp. 214-15.

ص 83 في قلب الآلة كان هناك كرتان من الرصاص تزنان 350 رطلاً:

Dictionary oj National Biography, vol. 3, p.1261.

ص 84 ستة بلايين ترليون طن متري:

Economist, ‘G Whiz’, 6 May 2000, p. 82.

الفصل الخامس: كسّارو الأحجار

ص 85 كان هتون بحسب كل الروايات رجلاً بذكاء حاد وحيوياً في المحادثة:

Dictionary of National Biography, vol. 10, pp.354-6.

ص 85 «لا يتمتع بموهبة لغوية»:

Dean, James Hutton and the History of Geology, p. 18.

ص 86 صار عضواً بارزاً في جمعية دعيت أويستر كلب:

McPhee, Basin and Range, p. 99.

ص 88 اقتباسات من مصادر فرنسية، لا تزال في الأصل الفرنسي:

Gould, Time’s A”ow, p. 66.

ص 88 مجلد آخر لم يكن مثيراً لم يُنشر حتى عام 1899:

Oldroyd, Thinking About the Earth, pp. 96-7.

ص 88 حتى تشارلز ليل... لم يستطع قبولها:

Schneer (ed.), Toward a History of Geology, p. 128.

ص 88 في شتاء 1807:

Geological Society papers, A Brief History of the Geological Sodety of London.

ص 89 كان الأعضاء يجتمعون مرتين في الشهر من تشرين الثاني حتى حزيران:

Rudwick, The Great Devonian Controversy,

ص 89 كما سلّم مرة داعم لمرتشيسون:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 28.

ص 90 في عام 1794 مؤامرة تبدو جنونية قليلاً:

Cadbury, Tem'ble Lizard, p. 39.

ص 90 عُرف منذ ذلك الوقت باسم مرض باركنسون:

Dictionary of National Biography, vol. 15, pp. 314-15.

ص 91 لأن أمه أقنعت أن الأسكتلنديين كانوا سكارى طائشين:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p.26.

ص 91 مرة وجدت السيدة بكلاند نفسها وقد استيقظت مهتزة:

Annan, The Dons, p. 27.

ص 92 خصوصيته الأخرى الضئيلة:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 30.

ص 93 غالباً حين يشرد مفكراً:

Desmond and Moore, Danvin, p. 202.

ص 93 ولكن كان ليل هو الذي قرأه معظم الناس:

Schneer (ed.), Toward a History of Geology, p. 139.

ص 93 «ودعا إلى رزمة جديدة: Clark, The Huxleys, p.48.

ص 93 «لم يكن هناك دوغما أبداً حُسبت أكثر من هذا لتشجيع الكسل»:

quoted in Gould, Dinosaur in a Haystack, p.167.

ص 93 فشل أن يشرح كيف تشكلت سلاسل الجبال:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 135.

ص 93 «تبريد الكرة الأرضية»: Gould, Ever since Danvin, p. 151.

ص 93 رفض فكرة أن الحيوانات والنباتات عانت من عمليات إبادة مفاجئة:

Stanley, Extinction, p. 5.

ص 94 «رآها بشكل جزئي بعينيه»:

quoted in Schneer (ed.), Toward a History of Geology, p. 288.

ص 94 «دي لا بيش كلب قذر»:

quoted in Rudwick, The Great Devonian Controversy, p. 194.

ص 95 باسم متغطرس هو (ج.ج. دي أوماليوس دي هالوي):

McPhee, In Suspect Teffain, p. 190.

ص 95 نوى ليل بالأصل أن يستخدم «متزامن» للواحقه:

Gjertsen, The Classics of Science, p.305.

ص 96 عدد هذه «عشرات الدزينات»:

McPhee, In Suspect Te”ain, p. 50.

ص 97 تُقسم الصخور إلى وحدات مستقلة تماماً:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, p. 200.

ص 97 «لقد رأيت رجالاً ناضجين يتوهجون من الغضب»:

Fortey, Trilobite!, p. 238.

ص 97 حين تأمّل بكلاند: Cadbury, Terrible Lizard, p. 149.

ص 97 المحاولة الأولى الأكثر شهرة: Gould, Eight Little Piggies, p. 185.

ص 98 «قبل معظم الناس المفكرين فكرة أن الأرض كانت فتية»:

cited in Gould, Time’s A”ow, p. 114.

ص 98 «لا يوجد عالم جيولوجيا من أي جنسية نُظر إلى عمله بجدية»:

Rudwick, The Great Devonian Controversy, p. 42.

98 حتى الموقّر بكلاند: Cadbury, Terrible Lizard, p. 192.

99 في مكان ما بين 75,000 و168,000 سنة:

Hallam, Great Geological Controversies, p.105 and Ferris, Coming of Age in the Milky Way, pp. 246-7.

ص 99 أعلن دارون أن العمليات الجيولوجية التي أنشأت الويلد:

Gjertsen, The Classics of Science, p. 335 Cropper, Great Physidsts, p. 78.

ص 100 وكتب (بالإنكليزية والفرنسية) عشرات من الأوراق في الرياضيات البحتة

والتطبيقيــة تتمتع بأصالــة عظيمة، بحيث كان عليــه أن ينشرها دون أن يذكر اسمه: Cropper, Great Physidsts, p. 79.

100 عاد في سن الثانية والعشرين إلى جلاسكو:

Dictionary of National Biography, Supplement 1901-1911. p.508.

الفصل السادس: التنافس العلمي العنيف

ص 103 الذي وصفه في اجتماع للجمعية الفلسفية الأمريكية:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 4.

ص 103 كان سبب هذا الزبد التأكيد الغريب من قبل كونت دي بفون:

Kastner, A Species of Eternity,p. 123.

104 هولندي يُدعى كورنيل دي بو: Kasmer, A Species of Eternity, p. 124

105 كتب كوفييه ورقة مهمة، ملحوظة عن نوع الفيلة الحية والمستحاثية:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 15.

ص 105 لم يستطع جفرسون تقبل الفكرة بأن كل الأنواع سيسمح لها بالانقراض:

Simpson, Fossils and the History of Life, p. 7.

ص 106 في مساء الخامس مــن كانون الثاني عام 1796 كان يجلس في نزل متنقّل في سومرست: Harrington, Dance of the Continents, p. 175

ص 107 «إن لماذا وممَّ لا يمكن أن تأتي في منطقة ماسح المعادن»:

Lewis, The Dating Game, pp. 17-18.

ص 107 حل كوفييه تلك المسألة بطريقة ترضيه:

Barber, The Heyday of Natural History, p. 217.

ص 107 في عام 1806 مرت بعثة لويس وكلارك في تشكّل هيل كريك:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 5.

ص 108 يعتقد بشكل شائع أنها مصدر المعاظلة:

Cadbury, Terrible Lizard, p. 3.

ص 108 إن البلصور وحده استغرق معها عشر سنوات من التنقيب الصبور:

Barber, The Heyday of Natural History, p. 127.

ص 109 اقترح الاسم على بكلاند صديقه الدكتور باركنسون:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 31.

ص 111 أُجبر في النهاية على بيع معظم مجموعته؛ كي يفي بديونه:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 34.

ص 111 حديقة الملاهي الأولى في العالم: Fortey, Life, p. 214.

112 استعار أحياناً الأعضاء وأجزاء أخرى بشكل غير قانوني:

Cadbury, Terrible Lizard, p. 133.

112 مرةً عادت زوجته إلى المنزل، فعثرت على كركدنات نافقة حديثاً تملأ المدخل الأمامي: Cadbury, Terrible Lizard, p. 200.

ص 112 بعضها لم يكن أكبر من الأرانب:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 5.

ص 112 إن الشيء الوحيد الذي لم تكنه بشكل مؤكد هو العظاءات:

Bakker, The Dinosaur Heresies, p. 22.

ص 113 تشكّل الديناصورات لا نظاماً واحداً، بل نظامين من الزواحف:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 33.

ص 113 كان الشخص الوحيد الذي كان معروفاً أن تشارلز داروين يكرهه:

Nature, ‘Owen’s Parthian shot’, 12 July 2001, p. 123.

ص 113 «أشار إلى قسوة فؤاد والده التي تلام»:

Cadbury, Terrible Lizard, p. 321.

ص 113 كان هكسلي يتصفّح طبعة جديدة من دليل تشرشل الطبي:

Clark, The Huxleys, p. 45. Cadbury, Terrible Lizard, p.291.

ص 113 «ليس أصيلاً تماماً كما بدا»:

Cadbury, Terrible Lizard, pp. 261-2.

ص 114 صار القوة الدافعة وراء إنشاء متحف التاريخ الطبيعي في لندن:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 30.

ص 114 كانت المتاحف قبل أوين مصممة بشكل رئيس للنخبة:

Thackray and Press, The Natural History Museum, p. 24.

ص 114 اقترح بشكل جذري جداً وضع لصقات عليها معلومات على كل مادة معروضة:

Thackray and Press, The Natural History Museum, p. 98.

ص 117 «تستلقي في كل مكان كزنود الخشب»:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 97.

ص 117 نجح في ربحهم عبر نزع فكه بشكل متكرر واستبداله:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 100.

ص 117 كانت هذه إهانة لم ينسها أبداً:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 73.

ص 117 زاد عدد أنواع الديناصورات المعروفة في أمريكة من 9 إلى 150 تقريباً:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p.93.

ص 118 تقريباً كل ديناصور يستطيع أن يسميه الإنسان العادي:

Wilford, The Riddle of the Dinosaur, p. 90.

ص 118 نجحوا فيما بينهم في «اكتشاف» نوع يُدعى Uintatheres anceps ليس أقل من 22 مرة:

Psihoyos and Knoebber, Hunting Dinosaurs, p. 16.

ص 118 محتها برحمة قنبلة ألمانية في البليتز:

Cadbury, Terrible Lizard, p. 325.

ص 119 أخذ ولده والتر كثيراً منه إلى نيوزلندة:

Newsletter of the Geological Society of New Zealand, 'Gideon Mantell- The New Zealand Connection', April 1992; New Zealand Geographic, 'Holy Incisors! What a Treasure!' April-June 2000, p. 17.

ص 120 من هنا الاسم:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 151.

ص 120 حسب أن عمر الأرض 89 مليون سنة:

Lewis, The Dating Game, p. 37.

ص 120 هكذا كانت الفوضى:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 173.

الفصل السابع: مسائل عناصرية

ص 121 استطاع جعل نفسه لامرئياً: .Ball, H2O, p. 125

ص 121 أونصة من الفوسفور تباع بسعر 6 جنيهات:

Durant, Age of Louis .xIV, p. 516

ص 122 ولم يحصل على شرف اكتشاف أي منها:

Strathem, Mendeleyev's Dream, p. 193

ص 123 لهذا السبب انتهينا بفرعين من الكيمياء:

Davies, The Fifth Miracle, p. 14.

ص 123 الابنة التي عمرها 14 سنة لأحد رؤسائه:

Brock, The Norton History of Chemistry, p. 92.

ص 124 jour de bonheur:

Gould, Bully for Brontosaurus, p. 366.

ص 124 بمقدرة كهذه في عام 1780 قام لافوازييه ببعض الملاحظات الرافضة:

Brock, The Norton History of Chemistry, pp. 95-6.

ص 124 أخفق في اكتشاف واحد:

Strathern, Mendeleyev's Dream, p. 239.

ص 126 أخذت بعيداً وتم تذويبها إلى نفاية:

Brock, The Norton History of Chemistry, p. 124.

ص 126 «عمل مثير ممتع جداً»:

Cropper, Great Physidsts, p. 139.

ص 126 مسارح رتبت «أمسيات للغاز الضاحك»:

Hamblyn, The Invention of Clouds, p. 76.

ص 126 ما لحظه براون: Silver, The Ascent of Sdence, p.201.

ص 127 «فتور في قضية الحرية»:

Dictionary of National Biography, vol. 19, p. 686.

ص 129 قطر 0.00000008 سنتمتر:

Asimov, The History of Physics, p. 501.

ص 130 فيما بعد، ليس لأي سبب خاص: Ball, H2O, p. 139

ص 132 «أدق خريطة سبق أن وضعت»:

Krebs, The History and Use of our Earth's Chemical Elements, p.23.

ص 133 «120 أو ما يقارب ذلك» من العناصر المعروفة:

from a review in Nature, 'Mind over Matter?', by Gautum R.Desiraju, 26 Sept. 2002.

ص 133 «تأملي محض»:

Heiserman, Exploring Chemical Elements and their Compounds, p. 33.

ص 133 سمت ماري كوري النتيجة «النشاط الإشعاعي»:

Bodanis, E = mil, p. 75.

ص 135 لم يقبل أبداً الأرقام المنقّحة: Lewis, The Dating Game, p. 55.

ص 136 أبرز بفخر التأثيرات العلاجية «لينابيعها المعدنية الإشعاعية»:

advertisement in Time magazine, 3 Jan. 1927, p.

ص 136 لم تُحظر في المنتجات الاستهلاكية حتى عام 1938:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, p. 133.

ص 136 وضعت كتب مخبرها في صناديق مخططة بالرصاص:

Science, ‘We Are Made of Stars tuff, 4 May 2001, p. 863.

الفصل الثامن: كون آينشتاين

ص 140 جذبت محاضراته طالباً واحداً أو اثنين في الفصل الدراسي:

Cropper, Great Physidsts, p. 106.

ص 140 مجموعة ورق اللعب: Ebbing, General Chemistry, p. 755.

ص 140 التي أوضحت بشكل مذهل مبادئ الديناميكا الحرارية لكل شيء تقريباً:

Cropper, Great Physidsts, p. 109.

ص 140 ما فعله جيبز، جوهرياً، هو إظهار أن الديناميكا الحرارية لم تطبق ببساطة على الحرارة والطاقة: Snow, The Physidsts, p. 7.

ص 140 دُعي توازن جيبز «مبادئ الديناميكا الحرارية:

Kevles, The Physidsts, p. 33.

ص 141 جاء إلى الولايات المتحدة مع أسرته رضيعاً وترعرع في معسكر تعدين في كاليفورنية في مدة الاندفاع نحو الذهب:

Kevles, The Physidsts, pp. 27-8.

ص 142 «تبيّن أن سرعة الضوء هي نفسها في الاتجاهات كلها، وفي كل الفصول»:

Thome, Black Holes and Time Warps, p. 64.

ص 142 «إنها على الأرجح النتيجة السلبية الأكثر شهرة في تاريخ الفيزياء»:

Cropper, Great Physidsts, p. 208.

صـ 142 حسب متشلسون نفسه بين أولئك الذيـن اعتقدوا أن عمل العلم كان يقترب من النهاية:

Nature, 'Physics from the Inside', 12 July 2001, p. 121.

ص 143 منهم ثلاثة، بحسب سي. بي. سنو، «كانوا من بين الأعظم في تاريخ الفيزياء»:
Snow, The Physidsts, p. 101.

ص 144 إن بحثه الأول، عن فيزياء السوائل في شاروقات الشرب:

Bodanis, E = mcl, p. 6.

صـ 144 فقـط لاكتشاف أن ج. وليارد جيبز المنتـج الصامت في كنيكتيكت قام بذلك العمل أيضاً: Boorse et al., The Atomic Sdentists, p. 142.

ص 144 أحد أهم الأبحاث العلمية التي سبق أن نُشرت:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p.193.

صـ 143 بـدا الأمـر وكأن آينشتاين «قد وصـل إلى الاستنتاجات عـن طريق التأمل الفكري الصرف، دون مساعدة»: Snow, The Physidsts, p.l0l.

صـ 143 ستحتـوي في إطارك المتواضع على ما لا يقل عـن 7 × 10^{18} جول من الطاقة الكامنة: Thome, Black Holes and Time Warps, p. 172.

ص 146 «آه، ليس هذا ضرورياً»، أجاب. «نادراً ما يكون لدي واحد»:

Nature, 'In the Eye of the Beholder', 21 March 2002, p. 264.

ص 147 «إنه دون شك الإنجاز الفكري الأعلى للإنسانية»:

Boorse et al., The Atomic Sdentists, p.53.

صـ 147 بحسـب آينشتايـن نفسـه، كان يجلس علـى كرسي حين خطرت لـه مشكلة الجاذبية: Bodanis, E = mcZ, p. 204.

ص 147 نشر بحثاً في أوائل 1917 بعنوان «اعتبارات كونية حول نظرية النسبية العامة»: Guth, The Inflationary Universe, p. 36.

ص 147 «دونها»، كتب سنو عام 1979: Snow, The Physicists, p. 21.

ص 148 لم يكن كروتش عميقاً وأخطأ تقريباً في كل شيء:

Bodanis, E = mcZ, p. 215.

ص 148 «أحاول التفكير من هو الشخص الثالث»:

quoted in Hawking, A Brief History of Time, p. 91; Aczel, God's Equation, p. 146.

ص 148 وكلما أسرع المرء توضّحت التأثيرات:

Guth, The Inflationary Universe, p.37.

ص 149 كرة قاعدة تُرمى بسرعة 160 كيلومتراً في الساعة، سوف تلتقط 0.00000000001 غرام من الكتلة في طريقها إلى الهدف:

Brockman and Matson, How Things Are, p.263.

ص 149 على أي حال، للعودة إلى بودانيس مرة أخرى، جميعنا نصادف بشكل مشترك أنواعاً أخرى من النسبية: Bodanis, E :::: mcZ, p. 83.

150 «الفراش المطلق المرتخي»:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 55.

150 «بمعنى ما الجاذبية لا توجد»:

Kaku, 'The Theory of the Universe?' in Shore (ed.), Mysteries of Life and the Universe, p.161.

ص 152 في اجتماع تم في الثانوية: Christianson, Edwin Hubble, p. 33.

ص 154 عالمة كمبيوتر من هارفارد، آني جمب كانون، استخدمت معرفتها المتكررة بالنجوم؛ كي تبتكر منهجاً لتصنيف النجوم:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p. 258.

ص 154 إنها نجوم كبيرة عبرت «طور تواترها الرئيس»:

Ferguson, Measuring the Universe, pp. 166-7.

ص 154 يمكن استخدامها شموعاً عادية:

Ferguson, Measuring the Universe, p. 166.

ص 155 كان يطور نظريته الرشيمية بأن البقع المظلمة على القمر سببها حشود من الحشرات التي تهاجر فصلياً:

Moore, Fireside Astronomy, p. 63.

ص 155 في عام 1923 أظهر أن نفخة من لعاب الشمس في كوكبة أندروميدا تُعرف باسم إم 31 لم تكن سحابة غازية مطلقاً:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 45; Natural History, 'Delusions of Centrality', Dec. 2002-]an. 2003, pp. 28-32.

ص 155 إن الأعجوبة كما قال ستيفن هوكينغ هي أنه لا أحد اكتشف فكرة توسع الكون من قبل: Hawking, The Universe in a Nutshell, pp. 71-2.

ص 156 في عام 1936 ألف هبل كتاباً مشهوراً بعنوان مملكة السديم:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 13.

ص 157 بعد نصف قرن لا يزال مكان أعظم عالم فلك في القرن العشرين مجهولاً:
Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 28.

الفصل التاسع: الذرة الجبارة

ص 179 «إن الأشياء جميعها مصنوعة من الذرات»:

Feynman, Six Easy Pieces, p. 4.

ص 179 45 بليون بليون جزيء:

Gribbin, Almost Everyone's Guide to Science, p. 250.

ص 160 بليون لكل منا، كما اقتُرح:

Davies, The Fifth Miracle, p. 127.

ص 160 إن الذرات نفسها، على أي حال، تتواصل عملياً إلى الأبد:

Rees, Just Six Numbers, p. 96.

ص 160 إذا أردت أن ترى حيواناً أحادي الخلية يسبح في قطرة ماء:

Feynman, Six Easy Pieces, pp. 4-5.

ص 162 «يمكن أن نحاول أيضاً أن نُدخل كوكباً جديداً إلى المجموعة الشمسية»:

Boorstin, The Discoverers, p.679.

ص 162 في عام 1826، سافر عالم الكيمياء الفرنسي بي. ج. بيليتييه إلى مانشستر:

Gjertsen, The Classics of Science, p.260.

ص 162 بتيلييه مشوّش، وتلعثم حين شاهد الرجل العظيم:

Holmyard, Makers of Chemistry, p. 222.

ص 162 نظر أربعون ألف شخص إلى الكفن وامتدت الجنازة ميلين:

Dictionary of National Biography, vol. 5, p. 433.

ص 163 بعد أن قدم دالتون اقتراحه بقرن:

Von Baeyer, Taming the Atom, p. 17.

ص 163 قيل: إنه أدى دوراً في انتحار لودفيغ بولتزمان:

Weinberg, The Discovery of Subatomic Particles, p. 104.

ص 163 «هل تزوجت مصارع ثيران؟»:

quoted in Cropper, Great Physicists, p. 259.

ص 163 كان شعوراً سيفهمه رزرفورد:

Cropper, Great Physicists, p. 317.

ص 164 سيتوقف في منتصف الشرح ويخبر الطلاب أن يستنتجوا بأنفسهم:

Wilson, Rutherford, p.174.

ص 164 «بقدر ما يستطيع أن يرى»:

Wilson, Rutherford, p. 208.

ص 164 كان أول من رأى: Wilson, Rutherford, p. 208.

ص 164 «لماذا استخدام المذياع؟»:

quoted in Cropper, Great Physicists, p. 328.

ص 164 «كل يوم أنمو في الحجم وفي العقل»:

Snow, Variety of Men, p. 47.

ص 165 تخلى عنه حين أقنعه زميل أن المذياع لا مستقبل له:

Cropper, Great Physicists, p. 94.

ص 166 اعتقد بعض علماء الفيزياء أن الذرات يمكن أن يكون شكلها مكعّباً:

Asimov, The History of Physics, p. 551.

ص 166 إن عدد البروتونات هو الذي يمنح الذرة هويتها الكيماوية:

Guth, The Inflationary Universe, p.90.

ص 166 أضف أو اطرح نيتروناً أو اثنين وتحصل على نظير:

Atkins, The Periodic Kingdom, p. 106.

ص 167 فقط جزء من مليون من بليون من الحجم الكلي للذرة:

Gribbin, Almost Everyone}s Guide to Science, p.35.

ص 167 ولكن ذبابة أثقل بآلاف المرات من كاتدرائية:

Cropper, Great Physicists, p. 245.

ص 167 «يستطيعون، كالمجرات، أن يمروا عبر بعضهم دون أذى، فيريس،:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p.288.

ص 168 «لأن السلوك الذري لا يشبه التجربة العادية»:

Feynman, Six Easy Pieces, p. 117.

ص 169 كان التأخر في الاكتشاف شيئاً جيداً جداً على الأرجح:

Boorse et al., The Atomic Scientists, p. 338.

ص 170 «لا أعرف حتى ما هو المنبت»: Cropper, Great Physicists, p. 269

ص 170 ليست هذه مسألة الحاجة إلى أدوات أكثر دقة:

Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p.288.

ص 171 إلى أن تمت ملاحظة أن الإلكترون يجب أن يُنظر إليه على أنه «في كل مكان وليس في أي مكان في آن واحد»:

David H. Freedman, 'Quantum Liaisons', in Shore (ed.), Mysteries of Life and the Universe, p. 137.

صـ 171 «إن الشخص الذي لا يغضب لدى سماعه أول مرة عن النظرية الكوانتية لم يفهم ما الذي قيل»:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 109.

ص 171 «لا تحاول»: Yon Baeyer, Taming the Atom, p. 43.

ص 171 إن السحابة نفسها هي جوهرياً منطقة احتمال إحصائي:

Ebbing, General Chemistry, p. 295.

ص 171 «منطقة من الكون أدمغتنا غير مهيأة لفهمها»:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science and No One Else Does Either, p. 62.

ص 171 «لا تتصرف الأمور على ميزان صغير بأي طريقة كالأشياء على ميزان كبير»:

Feynman, Six Easy Pieces, p. 33.

ص 171 حيث المادة تستطيع أن تخرج إلى الوجود من العدم:

Alan Lightman, 'First Birth', in Shore (ed.), Mysteries oj Life and the Universe, p. 13.

ص 172 يبدو الأمر كأنه لديك كرتا بليارد:

Lawrence Joseph, 'Is Science Common Sense?' in Shore (ed.), Mysteries of Life and the Universe, pp. 42-3.

ص 172 تم إثبات الظاهرة بشكل لافت عام 1997:

Christian Science Monitor, 'Spooky Action at a Distance', 4 Oct. 2001.

ص 172 لا يستطيع المرء «التنبؤ بالأحداث المستقبلية بدقة»:

Hawking, A Brief History of Time, p. 61.

ص 173 عالج العلماء هذه المشكلة... «عبر عدم التفكير فيها»:

David H. Freedman, 'Quantum Liaisons', in Shore (ed.), Mysteries of Life and the Universe, p.141.

ص 173 القوة النووية الضعيفة... هي أقوى بعشرة بلايين بليون بليون مرة من الجاذبية:

Ferris, The Whole Shebang, p. 297.

ص 173 إن قبضة القوة القوية لا تصل إلا إلى نحو واحد بالمئة من الآلاف من قطر الذرة: Asimov, Atom, p. 258.

ص 173 «كرس بقية حياته»: Snow, The Physicists, p. 89.

الفصل العاشر: التخلص من الرصاص

ص 174 إن من بين الأعراض الكثيرة المرتبطة بالتعرض المفرط هي العمى والأرق والفشل الكلوي والطرش والسرطان:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 88.

ص 174 «لقد فقد هؤلاء الرجال عقولهم على الأرجح؛ لأنهم عملوا بجد»:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p.92.

ص 175 إن تسرباً واحداً من براد في مستشفى في كليفلاند، أوهايو، في عام 1929 قتل أكثر من مئة شخص:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 92.

ص 176 إن كيلو غراماً واحداً من CFCs يمكن أن يدمر سبعين ألف كيلوغرام من أوزون الغلاف الجوي:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, p. 62.

صـ 177 إن جزيئـاً مـن CFC هو أكثر فاعليـة بعشرة آلاف مـرة في مفاقمة ظاهرة الاحتباس الحراري من جزيء من ثاني أكسيد الكربون:

Sdence, 'The Ascent of Atmospheric Sciences', 13 Oct. 2000, p. 299.

ص 178 كان موته غير عادي على نحو لا يُنسى:

Nature, 27 Sept. 2001., p. 364.

ص 178 حتى هذا الوقت، إن التواريخ الأقدم الموثوقة تعود ليس إلى أكثر من السلالة الأولى في مصر:

Willard Libby, 'Radiocarbon Dating', from Nobel Lecture, 12 Dec. 1960.

ص 178 بعد ثماني أنصاف حياة، فقط 0.39 من الكربون المشع يبقى:

Gribbin and Gribbin, Ice Age, p. 58.

ص 180 «إن كل تأريخ بالكربون خام تقرؤه اليوم قدم بأنه أصغر بنسبة 3%»:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 174.

صـ 181 الجدل الذي استمر طويـلاً حول إن كان منشأ السفلس هو العالم الجديد أو القديم:

Sdence, 'Can Genes Solve the Syphilis Mystery?', 11 May 2001, p. 109.

ص 182 لسوء الحظ، قابل الآن عائقاً آخر قوياً في وجه القبول:

Lewis, The Dating Game, p.204.

ص 182 هذا ما قاده في النهاية إلى إنشاء مختبر معقّم:

Powell, Mysteries of Terra Firma, p. 58.

ص 183 «رقم يظل دون تغيير 50 عاماً آخر»:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 173.

ص 183 في دراسة كهذه، إن طبيباً غير متخصّص في علم الأمراض الكيميائي:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 94.

ص 183 يبدو أن 90% منه يأتي من عوادم السيارات:

Nation, 'The Secret History of Lead', 20 March 2000.

ص 184 صارت الفكرة أساس دراسات اللب الجليدي، واستند إليها كثير من العمل المناخي الحديث: Powell, Mysteries of Terra Firma, p. 60.

ص 184 يُزعم أن المديرين التنفيذيين لإيثيل عرضوا أن يقدموا كرسياً في كالتيك «إذا تراجع باترسون»:

Nation, 'The Secret History of Lead', 20 March 2000.

ص 184 على الفور تراجع مستوى الرصاص في دم الأمركيين بنسبة 80%:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 169.

ص 184 إن الأمركيين الأحياء اليوم، كل منهم يوجد في دمه من الرصاص أكثر بـ 625 مرة مما كان في دم الناس منذ قرن: Nation, 20 March 2000.

ص 185 إن كمية الرصاص في الجو تواصل النمو أيضاً، بشكل قانوني، ولكن نحو مئة ألف طن في العام:

Green, Water, Ice and Stone, p. 258.

ص 185 «بعد كل أوروبة بـ 44 سنة»:

McGrayne, Prometheans in the LAb, p. 191.

ص 185 واصل الجدل بأن «البحث أخفق في إظهار أن الغازولين المرصص يهدد الصحة البشرية»:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, pp. 110-11.

ص 185 والأسوأ، لا نزال نُدخل كميات كبيرة من CFCs إلى الجو كل عام:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, p.63.

ص 186 صدر كتابان مشهوران أخيراً عن تاريخ تحديد عمر الأرض كتبا اسمه خطأ:

The books are Mysteries of Tma Pinna and The Dating Game, both of which make his nan1e 'Claire'. (Since this note first appeared, I have received a rather severe rebuke nom the author of the latter book, Cherry Lewis, inform- ing me that her choice of spelling was intentional and arose nom correspondence she had had with Patterson's widow. Except for the other cited book, Lewis's choice of spelling accords with no other published sources I can find, including Patterson's many obituaries in leading journals -which were, after all, literally the last word on the man and his nan1e. Nonetheless I an1 happy to accept that Ms Lewis's variant spelling of Patterson's nan1e was done intentionally and I unreservedly apologize to her for any dismay caused).

ص 186 قام بالخطأ الإضافي والفاضح، معتقداً أن باترسون امرأة:

Nature, 'The Rocky Road to Dating the Earth', 4 Jan. 2001, p. 20.

الفصل الحادي عشر: كواركات مستر مارك

ص 187 في عام 1911، عالم بريطاني يُدعى سي. تي. ر. ولسون:

Cropper, Great Physidsts, p. 325.

ص 188 «لو استطعت تذكر أسماء تلك الجزيئات لكنت عالم نبات»:

quoted in Cropper, Great Physidsts, p. 403.

ص 188 يمكن القيام بـ 47,000 دورة في نفق طوله 7 كيلومترات في أقل من ثانية:

Discover, 'Gluons', July 2000, p. 68.

ص 189 في 1998 أفاد الراصدون اليابانيون أن النيوترين له كتلة:

Economist, 'Heavy Stuff', 13 June 1998 p. 82; National Geographic, 'Unveiling the Universe', Oct. 1999, p. 36.

ص 189 تحطيم الذرات... سهل:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science and No One Else Does Either, p.48.

ص 189 إن صادم الهادرون الضخم لـ سي إي آر إن سينجز 14 ترليون فولت من الطاقة:

Economist, 'Cause for con CERN', 28 Oct. 2000, p.75.

ص 190 «تنتشر في محيطه سلسلة من البلدات الصغيرة الخائبة الأمل»:

letter from Jeff Guinn.

ص 190 إن مرصد نيوترين مقترح في منجم هومستيك القديم في ليد، ساوث داكوتا:

Sdence, 'U.S. Researchers Go for Scientific Gold Mine', 15 June 2001, p. 1979.

ص 190 مسرّع جسيمات في مخبر فيرمي في إيلينوي... الكلفة 260 مليون دولار:

Sdence, 8 Feb. 2002, p. 942.

ص 190 إن عدد الجزيئات اليوم هو فوق 150:

Guth, The Inflationary Universe, p. 120; Feynman, Six Easy Pieces, p.39.

ص 190 يعتقد بعض الناس أن هناك جزيئات تُدعى التاكيونات:

Nature, 27 Sept. 2001, p. 354.

ص 190 «التي هي في ذاتها أكوان في المستوى اللاحق، وهكذا إلى الأبد»:

Sagan, Cosmos, pp. 265-6.

191 «إن البايونات المشحونة والبايونات المضادة تتآكلان على التعاقب»:

Weinberg, The Discovery of Subatomic Particles, p. 163.

191 «لاستعادة بعض الاقتصاد إلى حشد الهادرونات»:

Weinberg, The Discovery of Subatomic Particles, p.165.

ص 191 أراد أن يدعو هذه الجزيئات الأساسية الجديدة البارتونات:

von Baeyer, Taming the Atom, p. 17.

ص 191 وأخيراً بزغ من كل هذا ما دعي النموذج العادي:

Economist, 'New realities?', 7 Oct. 2000, p. 95; Nature,

'The Mass Question', 28 Feb. 2002, pp.969-70.

ص 192 إن البوزونات هي جسيمات تنتج القوى وتحملها:

Sdentific American, 'Uncovering Supersymmetry', July 2002, p. 74.

ص 192 «لديه كثير من البارامترات الاعتباطية»:

quoted on the PHS video Creation of the Universe, 1985; also quoted, with slighdy different numbers, in Ferris, Coming of Age in the Milky Way, pp. 298-9.

ص 192 بوزون هيجز النظري:

CERN website docu- ment ‘The Mass Mystery’, undated.

p. 212 ‘So we are stuck with a theory’: Feynman, Six Easy Pieces, p. 39.

ص 193 يسلّم هذا أن كل تلك الأشياء الصغيرة مثل الكواركات:

Sdence News, 22 Sept. 2001, p. 185.

ص 193 صغير بما يكفي للمرور كجزيئات نقطة:

Weinberg, Dreams of a Pinal Theory, p. 168.

ص 193 «يتألف الخيط heterotic من خيط مغلق له نمطان من التذبذبات»:

Kaku, Hyperspace, p. 158.

ص 193 إن نظرية الخيط؟ ولدت شيئاً آخر يُدعى نظرية إم:

Sdentific American, ‘The Universe’s Unseen Dimensions’, Aug.

ص 194 «تبدأ ekpyrotic process بعيداً في الماضي غير المحدد»:

New York Times, ‘Before the Big Bang, There Was ...What?’, 22 May 2001, p. Fl.

ص 194 جاءت الفكرة بشكل ممتع إلى رأس:

New York Times website, ‘Are They a) Geniuses or b) Jokers?; French Physicists’ Cosmic Theory Creates a Big Bang of Its Own’, 9 Nov. 2002; Economist, ‘Publish and Perish’, 16 Nov. 2002, p. 75.

ص 194 كارل بوبر... اقترح مرة أنه يمكن ألا يكون هناك في الواقع نظرية نهائية:
Weinberg, Dreams of a Pinal Theory, p. 184.

ص 194 «لا يبدو أننا نقترب من نهاية مصادرنا الفكرية»:

Weinberg, Dreams of a Pinal Theory, p.187.

ص 195 حسب هبل أن عمر الكون بليونا عام:

US News and World Report, 'How Old Is the Universe?', 25 Aug. 1997, p. 34.

ص 195 عمر جديد للكون بين سبعة بلايين وعشرين بليون عام:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science and No One Else Does Either, p. 91.

ص 196 في الأعوام التي تلت نشأ جدل استمر طويلاً:

Overbye, Lonely Hearts of the Cosmos, p. 268.

ص 196 في شباط 2003، فريق من ناسا:

New York Times, 'Cosmos Sits for Early Portrait, Gives up Secrets', 12 Feb. 2003, p. 1.

ص 196، «بني جبل من النظريات على كومة خلد من الأدلة»:

Economist, 'Queerer than we can suppose', 5 Jan. 2002, p. 58.

ص 197 «يمكن أن يعكس ندرة المعطيات وليس امتياز النظرية»:

National Geographic, 'Unveiling the Universe', Oct. 1999, p. 25.

ص 197 ما يعنونه في الواقع: Goldsmith, The Astronomers, p.82.

ص 198 «ثلثا الكون لا يزالان مفقودين من بيان الميزانية»:

Economist, 'Dark for Dark Business', 5 Jan. 2002, p. 51.

ص 198 إن النظرية هي أن الفضاء الفارغ غير فارغ مطلقاً:

PBS Nova, ‘Runaway Universe’, transcript of programme first broadcast 21 Nov. 2000.

ص 198 إن الشيء الوحيد الذي يحل كل هذا هو ثابت آينشتاين الكوني:

Economist, ‘Dark for Dark Business’, 5 Jan. 2002, p. 51.

الفصل الثاني عشر: الأرض تتحرك

ص 199 في نبرة دعت القارئ للانضمام إليه في ابتسامة تسامح:

Hapgood, Earth’s Shifting Crnst, p.29.

ص 201 وضعوا «جسوراً أرضية» قديمة أينما كانت هناك حاجة إليها:

Simpson, Fossils and the History of Life, p. 98.

ص 201 حتى الجسور الأرضية لم تستطع شرح بعض الأمور:

Gould, Ever since DanlJin, p. 163.

ص 202 ملأى «بكثير من الصعوبات النظرية الجدية»:

Encylopaedia Britannica, vol. 6, p. 418.

ص 202 اغتاظ أحد المراجعين مرة... أن الطلاب يمكن أن يصدقوهم:

Lewis, The Dating Game, p.182.

ث 202 نحو نصف الحاضرين الآن اعتنقوا فكرة الانجراف القاري:

Hapgood, Earth’s Shifting Crust, p. 31.

ص 203 «أشعر أن الفرضية فنتازية»:

Powell, Mysteries of Te”a Finna, p. 147.

ص 203 من المثير أن علماء جيولوجيا شركات النفط عرفوا ذلك طيلة سنوات:

McPhee, Basin and Range, p. 175.

ص 204 على متن قاربه كان هناك مسبار أعماق جديد يدعى مسبار الأعماق:

McPhee, Basin and Range, p. 187.

ص 206 جبال بحرية دعاها الموائد البحرية على اسم عالم جيولوجيا في برنستون:

Harrington, Dance of the Continents, p.208.

ص 206 «ربما أهم بحث في علوم الأرض رُفض نشره»:

Powell, Mysteries of Te''a Finna, pp. 131-2.

ص 207 حتى السبعينيات:

Powell, Mysteries of Te''a Finna, p. 141.

ص 207 لا يزال عالم جيولوجيا أميريكي واحد من بين كل ثمانية لا يؤمن بالألواح التكتونية: McPhee, Basin and Range, p. 198.

ص 207 اليوم نعرف أن سطح الأرض مصنوع مما بين ثمانية إلى اثني عشر لوحاً كبيراً: Simpson, Fossils and the History of Life, p. 113.

ص 208 اكتُشف أن الروابط أكثر تعقيداً بشكل لانهائي مما تخيل أي شخص:

McPhee, Assembling California, pp. 202-8.

ص 208 بسرعة نموّ ظفر:

Vogel, Naked Earth, p. 19.

ص 208 عشر 1% من تاريخ الأرض:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 44.

ص 208 اعتُقد أن الألواح التكتونية جزء مهم من وجود الأرض العضوي:

Trefil, Met/itations at 10,000 Feet, p. 181.

ص 209 مقترحاً أنه يمكن أن تكون هناك علاقة بين تاريخ الصخور وتاريخ الحياة:

Science, 'Inconstant Ancient Seas and Life's Path', 8 Nov. 2002, p. 1165.

الفصل الثالث عشر: الانفجار!

ص 215 في عام 1912 كان هناك رجل يحفر بئراً من أجل تزويد البلدة بالماء، أفاد أنه أخرج كثيراً من الصخور المشوهة على نحو غريب:

Raymond R. Anderson, Geological Society of America GSA Special Paper 302, 'The Manson Impact Structure: A LAte Cretaceous Meteor Crater in the Iowa Subsurface', Spring 1996.

ص 216 في الواقع ظهرت البلدة كلها:

Des Moines Register, 30 June 1979.

ص 216 «في كثير من الأحيان يأتي أشخاص ويسألون أين يجب أن يذهبوا كي يروا الحفرة»؟:

Interview with Schlapkohl, Manson, Iowa, 18 June 2001.

ص 217 المحقق الرئيس الأول، جي.كي. جلبرت من جامعة كولومبيا:

Lewis, Rain of Iron and Ice, p. 38.

ص 217 قام جلبرت بهذه التجارب ليس في مخبر في كولومبيا، ولكن في غرفة فندق:

Powell. Night Comes to the Cretaceous, p. 37.

ص 218 «في الوقت الذي بدأنا فيه كان قد تم اكتشاف أكثر اثني عشر بقليل من هذه الأمور:

trans- cript from BBC Horizon documentary, ‘New Asteroid Danger’, p. 4; progranune first transmitted 18 March 1999.

ص 219 دعاها النيازك الكلمة اللاتينية التي تعبر عن شبيه النجم:

Sdence News, ‘A Rocky Bicentennial’, 28 July 2001, pp.61-3.

ص 219 تم رصده أخيراً في عام 2000 بعد أن فُقد لـ 89 سنة:

Ferris, Seeing in the Dark, p.150.

ص 219 في تموز 2001، تم تسمية وتحديد 26,000 نيزك:

Sdence News, ‘A Rocky Bicentennial’, 28 July 2001, pp. 61-3.

ص 220 ننطلق إليه بسرعة أكثر من مئة ألف كيلومتر في الساعة:

Ferris, Seeing in the Dark, p. 147.

ص 220 «قادرة كلها على الاصطدام بالأرض وتتحرك كلها في مسارات مختلفة في السماء بسرعات متنوعة»:

transcript from BBC Horizon documentary ‘New Asteroid Danger’, p. 5; first transmitted 18 March 1999.

ص 220 تحدث هذه الأخطار القريبة على الأرجح مرتين أو ثلاث مرات في الأسبوع، ولا تُلاحظ:

New Yorker, ‘Is This the End?’, 27 Jan. 1997, pp. 44-52.

ص 222 في كل عام تراكم الأرض نحو 30,000 طن من «الأجسام الكونية الكروية الصغيرة»: Vernon, Beneath our Feet, p.191.

ص 223 «حسناً، كانت ساحرة جداً، ومقنعة جداً»:

telephone interview with Asaro, 10 March 2002.

ص 223 عالم فيزياء فلكية من جامعة نورثويسترن يدعى رالف ب. بالدوين اقترح احتمالاً كهذا في مقال نُشر في مجلة بوبيولار أسترونومي:

Powell, Mysteries of Te”a Firma, p. 184.

ص 224 في عام 1956 بروفسور من جامعة أوريغون ستيت يدعى م.دبليو. لوبنفيلز:

Peebles, Asteroids: A History, p. 170.

ص 225 يمكن أن يكون سبب حدث أولي يعرف باسم انقراض فراسنيان Frasnian:

Lewis, Rain of Iron and Ice, p.107.

ص 225 «كانوا مثل جامعي الطوابع»:

quoted by Officer and Page, Tales of the Earth, p. 142.

ص 225 حتى حين يسلّم في مقابلة صحفية أنه ليس لديه دليل فعلي عليه:

Boston Globe, ‘Dinosaur Extinction Theory Backed’, 16 Dec. 1985.

ص 225 واصل الاعتقاد أن انقراض الديناصورات لم يكن له أي علاقة مع اصطدام نيزكي:

Peebles, Asteroids: A History, p. 175.

ص 226 إن جزءاً كبيراً من العمل الذي تقوم به هو تقويم خطط إدارة السماد:

Iowa Department of Natural Resources Publication, Iowa Geology 1999, Number 24.

ص 227 «فجأة كنا في مركز الأشياء»:

inter- view with Anderson and Witzke, Iowa City, 15 June 2001.

ص 228 جاءت إحدى تلك اللحظات في اللقاء السنوي لاتحاد الجيوفيزياء الأميركي في 1985:

Boston Globe, ‘Dinosaur Extinction Theory Backed’, 16 Dec.1985.

ص 228 عثر على التشكّل بيمكس، شركة النفط التي من نيومكسيكو، في 1952:

Peebles, Asteroids: A History, pp. 177-8; Washington Post, ‘Incoming’, 19 April 1998.

ص 228 «أتذكر أنه كانت لدي بعض الشكوك الأولية القوية في فاعلية حدث كهذا»:

Gould, Dinosaur in a Haystack, p. 162.

ص 228 «سيبتلع المشترى هذه النيازك دون أن يتجشأ»:

quoted by Peebles, Asteroids: A History, p.196.

ص 228 ضرب جزء واحد عرف باسم النواة ج، بقوة نحو ستة ملايين ميغاطن:

Peebles, Asteroids: A History, p. 202.

ص 229 قُتل شومكر على الفور، جُرحت زوجته:

Peebles, Asteroids: A History, p. 204.

ص 231 تقريباً كل ما هو منتصب سيُبسط، وكل ما هو حي سيهلك:

Anderson, Iowa Department of Natural Resources, Iowa Geology 1999, ‘Iowa’s Mansion Impact Structure.

ص 231 إن الهرب سيعني «اختيار موت بطيء بدلاً من موت سريع»:

Lewis, Rain of Iron and Ice, p. 209.

ص 231 حلل نظائر الهليوم من ترسبات تركها اصطدام كي تي، واستنتج أنه أثر على مناخ الأرض لعشرة آلاف سنة:

Arizona Republic, ‘Impact Theory Gains New Supporters’, 3 March 2001.

ص 231 توم جهرلز... يعتقد أنه حتى تحذير قبل سنة لن يكون كافياً على الأرجح:

New York Times magazine, ‘The Asteroids Are Coming! The Asteroids Are Coming!’, 28 July 1996, pp. 17-19.

ص 231 شومكر ليفي 9 كان يدور حول المشتري في طريقة واضحة منذ 1929 ولكن مرَّ نصف قرن قبل أن يلحظ أحد ذلك:

Ferris, Seeing in the Dark, p. 168.

الفصل الرابع عشر: النار في الباطن

ص 236 «كان مكاناً غير مناسب للبحث عن العظام»:

interview with Mike Voorhies, Ashfall Fossil Beds State Park,

Nebraska, 13 June 2001.

ص 236 اعتقدوا في البداية أن الحيوانات دفنت حية:

National Geographic, ‘Ancient Ashfall Creates Pompeii of Prehistoric Animals’, Jan. 1981, Six Easy Pieces, p. 60.

ص 238 المسافة من سطح الأرض إلى الوسط هي 6,370 كيلومتر:

Williams and Montaigne, Suwiving Galeras, p. 78.

ص 239 شخص رزين، لم يشر أبداً إلى الميزان باسمه:

Ozima, The Earth, p. 49.

ص 240 مات ستون ألف شخص:

Officer and Page, Tales of the Earth, p. 52.

ص 241 «المدينة تنتظر الموت»:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 21.

ص 241 إن الكلفة الاقتصادية المحتملة هي 7 ترليونات دولار:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 130.

ص 242 «أوقع مصطبة مبنية حول بناء الكابيتول»:

Trefil, 101 Things You Don’t Know About Sdence and No One Else Does Either, p. 158.

ص 242 صار المشروع معروفاً، بشكل محتم، باسم الموهول:

Vogel, Naked Earth, p. 37.

ص 242 «كمحاولة حفر حفرة... مستخدمين المعكرونة»:

Valley News, ‘Drilling the Ocean Floor for Earth’s Deep Secrets’, 21 August 1995.

ص 243 تمثل قشرة الأرض 0.3% فقط من حجم الكوكب:

Schopf, Cradle of Life, p. 73.

ص 244 نعرف القليل جداً عن الدثار مما صار يُعرف باسم أنابيب kimberlite:

McPhee, In Suspect Te”ain, pp. 16-18.

ص 244 العلماء متفقون عامةً:

Sdentijic American, ‘Sculpting the Earth from Inside Out’, March

2001, pp. 4()-7, and New Sdentist, ‘Journey to the Centre of the Earth’, supplement, 14 Oct. 2000, p. 1.

ص 245 بكل قوانين الجيوفيزياء:

Earth, ‘Mystery in the High Sierra’, June 1996, p. 16.

ص 245 الصخور لزجة... كالزجاج: .Vogel, Naked Earth, p. 31

ص 245 الحركات لا تحدث بالمعنى الحرفي فقط:

Sdence, ‘Much About Motion in the Mande’, 1 Feb. 2002, p.982.

ص 246 اقترح كاهن إنكليزي يُدعى أوزموند فيشر ببصيرة:

Tudge, The Time Before History, p. 43.

ص 246 «هناك مجموعتان من المعطيات، من نظامين مختلفين»:

Trefil, 101 Things You Don’t Know About Science and No One Else Does Either, p. 146.

ص 246 نحو 82% من حجم الأرض و65% من كتلتها:

Nature, ‘The Earth’s Mande’, 2 Aug. 2001, pp. 501-6.

ص 247 تلك التي وُجدت على الأسطح تبلغ أكثر من ثلاثة ملايين عام:

Drury, Stepping Stones, p. 50.

ص 247 كانت في أثناء عصر الديناصورات أقوى مما هي الآن بثلاث مرات:

New Scientist, ‘Dynamo Support’, 10 March 2001, p. 27.

ص 247 «أعظم سؤال لم يُجب عنه في العلوم الجيولوجية»:

Trefil, 101 Things You Don’t Know About Science and No One Else Does Either, p. 150.

ص 248 «نادراً ما يذهب علماء الجيولوجيا والجيوفيزياء إلى الاجتماعات نفسها»:

Vogel, Naked Earth, p. 139.

ص 248 بنى علماء الزلازل بعزم استنتاجاتهم على سلوك البراكين في هاواي:

Fisher et aI., Volcanoes, p. 24.

ص 249 كان أكبر انزلاق في التاريخ البشري:

Thompson, Volcano Cowboys, p. 118.

ص 249 بقوة تعادل قوة خمس مئة قنبلة ذرية بحجم قنبلة هيروشيما:

p. 275 ‘only shake my head in wonder’: Williams and Montaigne, Suwiving Caleras, p. 151.

ص 250 أبلغ أن طائرة... رُجمت بالصخور»:

Thompson, Volcano Cowboys, p. 123.

ص 251 مع ذلك لا يوجد إجراءات طوارئ خاصة بالزلازل في ياكيما:

Fisher et aI., Volcanoes, p. 16.

الفصل الخامس عشر: جمال خطر

ص 253 في باريكوتن في المكسيك: Smith, The Weather, p. 112.

ص 254 «لن تكون قادراً على الدخول في نطاق ألف كيلومتر منها»:

BBC Horizon documentary, ‘Crater of Death’, first broadcast 6 May 2001.

ص 255 انفجار تردّد صداه في أنحاء العالم لتسعة أيام:

Lewis, Rain of Iron and Ice, p. 152.

ص 256 آخر انفجار لبركان عملاق على الأرض كان في توبا:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 104.

ص 256 هناك بعض الدليل لاقتراح أن عدد السكان الكلي في العشرين ألف سنة القادمة لن يكون أكثر من بضعة آلاف:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 107.

ص 257 «يمكن ألا تشعرك أنها هكذا، ولكنك تقف على أكبر أنشط بركان في العالم»:

interview with Paul Doss, Yellowstone National Park, Wyoming, 16 June 2001.

ص 260 كما كان واضحاً على نحو مروع في ليلة 17 آب 1959، في موضع يُدعى هيبجن ليك: Smith and Siegel, Windows into the Earth, pp. 5-6.

ص 264 صغير كجزيء في ظروف مثالية:

Sykes, The Seven Daughters of Eve, p. 12.

ص 264 في غضون ذلك، كان العلماء يعثرون على ميكروبات أكثر قوة:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 275.

ص 265 كما عبّر عن الأمر عالم ناسا جي بيرجسترال:

PBC NewsHour transcript, 20 Aug. 2002.

الفصل السادس عشر: كوكب وحيد

ص 269 ليس أقل من 99.5% من حجم الفضاء القابل للسكن:

New York Times Book Review, 'Where Leviathan Lives', 20 April 1997, p. 9.

ص 268 إن الماء أثقل بألف وثلاث مئة مرة من الهواء،

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 51.

ص 268 ستنهار شرايينك وتضغط رئتك إلى أبعاد علبة كوك:

New Sdentist, ‘Into the Abyss’, 31 March 2001.

ص 270 إن الضغط يعادل الانسحاق أربع عشرة شاحنة محمّلة بالإسمنت:

New Yorker, ‘The Pictures’, 15 Feb. 2000, p. 47.

ص 270 لأننا مصنوعون من الماء بشكل كبير:

Ashcroft, Life at the Extremes, p.69.

ص 271 «كلّ ما تُرك في البذلة هو عظامه وبعض أشلاء اللحم»:

Haldane, Mat Is Lift?, p. 188.

ص 272 يروي آشكروفت قصة عن مديري قناة جديدة تحت نهر التيمز أقاموا مأدبة احتفالية: Ashcroft, Lift at the Extremes, p. 59.

ص 273 حين أثير، شرح هالدن وجد نفسه ينزع رداءه وقال: إنه وقت النوم:

Norton, Stars beneath the Sea, p. 111.

ص 273 إن موهبة هالدن في الغطس هي أن يصل إلى الفواصل المتبقية الضرورية؛ ليقوم بصعود من الأعماق دون التواءات:

Haldane, Mat Is Life?, p. 202.

ص 273 «لكن هل هو الهيموغلوبين المؤكسد أو الهيموغلوبين الذي يحتوي على الكربوكسيل؟»:

quoted in Norton, Stars beneath the Sea, p. 121.

ص 274 اكتشف هالدن الشاب أن الحرب العالمية الأولى تجربة ممتعة جداً»:

Norton, Stars beneath the Sea, p.124.

ص 274 «انتهت التجارب جميعها تقريباً بشخص أصابته نوبة، نزف أو تقيؤ»:

Norton, Stars beneath the Sea, p. 133.

ص 274 كان انثقاب غشاء الطبل شائعاً جداً:

Haldane, What Is Life?, p. 192.

ص 275 فقد هالدن أي إحساس بردفيه وأسفل عموده الفقري لست سنوات:

Haldane, What Is Life?, p. 202.

ص 275 أنتج هذا أيضاً تقلّبات وحشية في المزاج:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 78.

ص 275 «كان المُختبر ثملاً كالمُختَبَر:

Haldane, What Is Life?, p. 197.

ص 276 إن سبب الثمل لا يزال لغزاً حتى الآن:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 79.

ص 276 حتى في الطقس المعتدل إن الحريرات التي تحرقها تذهب كي تدفئ جسمك:

Attenborough, The Living Planet, p. 39.

ص 276 إن أقسام الأرض التي نحن مستعدون كي نعيش عليها، أو قادرون على أن نعيش فيها هي متواضعة بالفعل:

Smith, The Weather, p.40.

ص 277 لو كانت شمسنا أكبر بعشر مرات مما هي عليه لاستنفدت نفسها بعد عشرة ملايين عام بدلاً من عشرة بلايين:

Ferris, The Whole Shebang, p. 81.

ص 277 يصله دفء الشمس قبل أن يلمسنا بدقيقتين:

Grinspoon, Venus Revealed, p. 9.

ص 277 يبدو أنه في أثناء الأعوام الأولى من المجموعة الشمسية كان كوكب الزهرة أكثر دفئاً بقليل من الأرض، وربما كان فيه محيطات:

National Geographic, 'The Planets', Jan. 1985, p. 40.

ص 278 الضغط الجوي على السطح هو أكبر مما هو على الأرض بتسعين مرة:

McSween, Stardust to Planets, p. 200.

ص 279 القمر ينزلق من قبضتنا بسرعة 4 سنتمترات في العام:

Ward and Brownlee, Rare Earth, p. 33.

ص 280 إن العنصر الأكثر خداعاً من الكل يبدو أنه الفرنْسيوم:

Atkins, The Periodic Kingdom, p. 28.

ص 281 نبذ تقديم العشاء الخاص بالدولة بصحون الفضة واستبدلها بالألمنيوم:

Bodanis, The Secret House, p.13.

ص 281 يصل إلى نسبة متواضعة هي 0.048 من قشرة الأرض:

Krebs, The History and Use of our Earth's Chemical Elements, p. 148.

ص 281 «لو لم يكن الأمر يتعلق بالكربون، فإن الحياة كما نعرفها ستكون مستحيلة»:

Davies, The Fifth Miracle, p. 126.

ص 281 من بين كل 200 ذرة في جسمك، هناك 126 ذرة هيدروجين و51 ذرة أوكسجين، و19 ذرة كربون فحسب:

Snyder, The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things, p. 24.

ص 282 إن درجة تطلب المتعضيات أو سماحها لعناصر معيّنة هي ذخيرة تطورها:

Parker, Inscrutable Earth, p. 100.

ص 283 أسقط كمية قليلة من الصوديوم الصرف في الماء العادي وستنفجر بقوة كافية للقتل:

Snyder, The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things, p.42.

ص 283 نكّه الرومان أيضاً خمرتهم بالرصاص:

Parker, Inscrutable Earth, p. 103.

ص 284 اعتاد عالم الفيزياء رتشارد فينمان أن يمزح:

Feynman, Six Easy Pieces, p. xix.

الفصل السابع عشر: داخل التروبوسفير

ص 285 ستكون الأرض دونه كرة جليد لا حياة عليها:

Stevens, The Change in the Weather, p. 7.

ص 286 واكتشفه في عام 1902 رجل فرنسي كان في منطاد هو ليون فلييبي تسيرينك د. بورت:

Stevens, The Change in the Weather, p. 56; Nature, '1902 and All That', 3 Jan. 2002, p. 15.

ص 286 إنها من الجذر اللاتيني نفسه ككلمة menopause:

Smith, The Weather, p. 52.

ص 286 ستؤدي في البداية إلى وزمة حادة في المخ أو الرئة:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 7.

ص 286 إن الحرارة على ارتفاع عشرة كيلومترات يمكن أن تكون 57 تحت الصفر:

Smith, The Weather, p. 25.

ص 286 نحو جزء من ثمانية ملايين من السنتمتر؛ كي نكون دقيقين:

Allen, Atmosphere, p. 58.

ص 287 إذا ضربت عربة وافدة الثرموسفير (الغلاف الحراري) في زاوية واهية، يمكن أن تقفز مرتدة إلى الفضاء: Allen, Atmosphere, p. 57.

ص 288 يسجّل ديكنسون كيف أن هوارد سومرفيل «وجد نفسه يختنق حتى الموت بعد أن دخلت قطعة من اللحم الملوث قصبته الهوائية»:

Dickinson, The Other Side of Everest, p. 86.

ص 288 إن الحد النهائي للسماح بالحياة البشرية هو نحو 5,500 متر:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 8.

ص 288 حتى النساء الأكثر تكيفاً بشكل جيد لا يستطعن على ارتفاع 5,500 متر أن يقدمن لجنين نام ما يكفي من الأوكسجين:

Attenborough, The Living Planet, p. 18.

ص 289 «تراكم علينا نصف طن تقريباً بهدوء في أثناء الليل»:

quoted by Hamilton-Paterson, The Great Deep, p. 177.

ص 289 إن جبهة طقس عادية يمكن أن تتألف من 750 مليون طن من الهواء البارد المضغوط تحت بليون طن من الهواء الأكثر دفئاً: Smith, The Weather, p. 50.

صـ 290 كميــة مــن الطاقة كافية لاستخــدام الكهرباء مــدة أربعة أيــام في الولايات المتحدة: Junger, The Perfect Storm, p. 102.

ص 290 في أي لحظة تتقدم 1800 عاصفة حول الكوكب الأرضي:

Stevens, The Change in the Weather, p. 55.

ص 290 إن كثيراً من معرفتنا لما يجري في الأعلى حديثة بشكل يدعو إلى الدهشة:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, p.161.

صـ 290 إن ريحاً تهب بسرعة 300 كيلومتر في الساعة ليست أقوى بعشر مرات من ريح تهب بسرعة 30 كيلومتراً في الساعة، ولكن أقوى بمئة مرة:

Bodanis, E = mfl, p. 68.

ص 292 كمية من الطاقة تعادل ما تستهلكها دولة غنية متوسطة الحجم في عام:

Ball, H2O, p. 51.

ص 292 إن دافع الجو للتوازن اشتبه به أول مرة إدموند هالي:

Sdence, 'The Ascent of Atmospheric Sciences', 13 Oct. 2000, p. 300.

صـ 292 إن تميّــز كوريوليس الآخر في المدرسة هو إدخــال مبردات الماء، التي لا تزال تحمل اسمه هناك:

Trefil, The Unexpected Vista, p. 24.

ص 293 تمنح أنظمة الطقس التفافاتها وترسل الأعاصير تتدوّر كالقمم:

Drury, Stepping Stones, p. 25.

ص 294 يتم تذكر هوارد الآن بشكل رئيس لمنحه أنماط الغيوم أسماءها في 1803:

Dictionary of National Biography, vol. 10, pp. 51-2.

ص 295 أضيف إلى نظام هوارد كثير مع مرور الأعوام:

Trefil, Meditations at Sunset, p. 62.

ص 295 يبدو أن هذا مصدر تعبير «على الغيمة رقم 9»:

Hamblyn, The Invention of Clouds, p. 252.

ص 295 إن ركاماً صيفياً خفيفاً من الغيوم يبعد جانباً مئات عدة من الأمتار يمكن أن يحتوي على أكثر من 100 150 متراً من الماء:

Trefil, Meditations at Sunset, p. 66.

ص 295 فقط نحو 0.035% من مياه الأرض العذبة تعوم فوقنا في أي لحظة:

Ball, H2O, p.57.

ص 295 هذا يعتمد على المكان الذي يسقط فيه، إن التكهن بجزيء الماء يتنوّع بشكل واسع:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 8.

ص 296 حتى بحر كبير كالمتوسط يمكن أن يجف في ألف سنة إذا لم يمتلئ مرة ثانية:

Gribbin and Gribbin, Being Human, p.123.

ص 296 حصل حدث كهذا قبل ستة ملايين عام بقليل:

New Sdentist, 'Vanished', 7 Aug. 1999.

ص 296 يعادل نتاج العالم من الفحم الحجري مدة عشرة سنوات:

Trefil, Meditations at 10,000 Feet, p. 122.

ص 297 لهذا السبب هناك تلكؤ في البداية الفلكية الرسمية لفصل والشعور الحقيقي بأن الفصل بدأ: Stevens, The Change in the Weather, p.lll.

ص 297 بالنسبة لمسألة كيف أن أي شخص يمكن أن يستنتج كم تستغرق قطرة الماء؛ كي تنتقل من محيط إلى آخر:

National Geographic, 'New Eyes on the Oceans', Oct. 2000, p. 101.

ص 299 هناك من الكربون في الجو أكثر بعشرين مرة مما يوجد في صخور الأرض:

Stevens, The Change in the Weather, p. 7.

ص 299 إن المستوى الطبيعي لغاز ثاني أكسيد الكربون في الجو:

Science, 'The Ascent of Atmospheric Sciences', 13 Oct. 2000, p. 303.

الفصل الثامن عشر: البحر المتّسع

ص 300 تخيّل أنك تحاول أن تعيش في عالم يهيمن عليه أكسيد مهدرج:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p.l00.

ص 300 إن حبة البطاطا مؤلفة من 80% من الماء، البقرة 74% والبكتيريا 75%:

Schopf, Cradle of Life, p. 107.

ص 301 لا شيء فيه يمكن استخدامه للقيام بتنبؤات حول مواصفات سوائل أخرى:

Green, Water, Ice and Stone, p. 29; Gribbin, In the Beginning, p. 174.

ص 301 في الوقت الذي يصبح فيه صلباً يصبح أكبر مما كان عليه بعشر مرات:

Trefil, Meditations at 10,000 Feet, p. 121.

ص 301 «صفة غرائبية جداً»: Gribbin, In the Beginning, p. 174.

ص 302 كالشركاء المتغيرين دوماً في رقصة الكدريل:

Kunzig, The Restless' Sea, p. 8.

ص 302 في أي لحظة معطاة فقط 15% منها مؤثرة بالفعل:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p.152.

302 في غضون أيام تتلاشى الشفتان وكأنهما بُترتا، تسودّ اللثة، يذوي الأنف إلى نصف طوله»:

Economist, 13 May 2000, p. 4.

ص 302 إن لتراً عادياً من مياه البحر لا يحتوي إلا على 2.5 ملعقة صغيرة من الملح العادي: Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 248.

ص 303 هناك 1.3 بليون كيلومتر مكعب من الماء على الأرض، وهذا كل ما سنحصل عليه: Green,Water; Ice and Stone, p. 25

ص 303 منذ 3.8 بلايين عام حققت المحيطات تقريباً أحجامها الحالية:

Ward and Brownlee, Rare Earth, p. 360.

ص 303 يحتوي المحيط الهادئ على نصف مياه المحيطات:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 226.

ص 303 سيكون من الأفضل أن ندعو كوكبنا ماءً لا أرضاً: Ball, H_2O, p. 21

ص 304 من 3% من المياه التي على الأرض التي هي عذبة:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 6; Scientific American, 'On Thin Ice', Dec. 2002, pp. 100-5.

ص 304 اذهب إلى القطب الجنوبي وستقف على سمك ميلين من الثلج، في القطب الشمالي السماكة 15 قدماً: Smith, The Weather, p. 62.

ص 304 ما يكفي لرفع المحيط إلى ارتفاع 200 قدم إذا ذاب كلّه:

Schultz, Ice Age Lost, p. 75.

ص 305 «ضلله الروتين المبلد للذهن الناجم عن سنوات من التنقيب:

Weinberg, A Fish Caught in Time, p.34.

ص 305 ولكنهم أبحروا سبعين ألف ميل بحري تقريباً:

Hamilton-Paterson, The Great Deep, p. 178.

ص 305 مساعدات إناث وصف علمهنّ «كمؤرخات وتقنيات» أو «مساعدات في مشكلات الأسماك»:

Norton, Stars beneath the Sea, p. 57.

ص 306 بعد ذلك بوقت قصير شكّل فريقاً مع بارتون، الذي جاء من أسرة أكثر ثراء:

Ballard, The Eternal Darkness, pp. 14-15.

ص 306 لم تكن الكرة تملك قدرة على المناورة... وفقط نظام التنفّس الأكثر بدائية:

Weinberg, A Fish Caught in Time, p. 158; Ballard, The Eternal Darkness, p.17.

ص 307 مهما كان، لم يُر مثله شيء منذ ذلك الوقت:

Weinberg, A Fish Caught in Time, p. 159.

ص 308 في عام 1958 تعاملا مع البحرية الأمريكية:

Broad, The Universe Below, p. 54.

ص 309 «لم نتعلم كثيراً منها سوى أننا نستطيع أن نفعلها»:

quoted in Underwater magazine, 'The Deepest Spot on Earth', Winter 1999.

ص 309 كانت هناك مشكلة واحدة فحسب: لم يجد المصممون أي شخص يرغب في بنائها:

Broad, The Universe Below, p.56.

صـ 310 في عـام 1994 جُرف 43,000 قفـاز هوكي عن متن سفينـة شحن كورية في أثناء عاصفة في المحيط الهادي:

National Geographic, 'New Eyes on the Oceans', Oct. 2000, p. 93.

ص 310 يمكن أن يكون البشـر قد فحصوا جزءاً من مليون أو بليون من ظلمة البحر:

Kunzig, The Restless Sea, p. 47.

صـ 312 ديـدان أنبوبية بطول 3 أمتار، بطلينوس بعرضـ 30 سنتمتراً، قريدس وبلح بحر كثير: Attenborough, The Living Planet, p. 30.

صـ 313 اعتُقد قبل هذا أنه لا يمكـن أن تحيا متعضيات حية في ماء أكثر سخونة من 54 درجة مئوية:

National Geographic, 'Deep Sea Vents', Oct. 2000, p. 123.

ص 313 ما يكفي لدفن كل قطعة من الأرض على الكوكب إلى عمق 150 متراً:

Dennis, The Bird in the Waterfall, p. 248.

ص 312 يمكن أن يستغرق الأمر عشرة ملايين عام لتنظيف محيط:

Vogel, Naked Earth, p. 182.

ص 312 ربما لا شيء يتحدث بوضوح أكبر عن بعدنا السيكولوجي عن أعماق المحيط:

Engel, The Sea, p.183.

صـ 312 حـين لم تغرق، الأمـر الذي كان يحدث عـادة، كان رماة البحريـة يثقبونها بالرصاص؛ كي يدخلوا المياه إليها:

Kunzig, The Restless Sea, pp. 294-305.

صـ 313 تطلق الحيتان الزرق أغنية أحياناً، ثـم تطلقها مرة ثانية في البقعة المحددة نفسها بعد ستة أشهر: Sagan, Cosmos, p. 271.

ص 313 فكّروا في الحبّار الخرافيّ العملاق:

Good Weekend, 'Anned and Dangerous', 15 July 2000, p. 35.

ص 313 يمكن أن يكون هناك 30 مليون نوع من الحيوانات التي تعيش في البحر، ومعظمها لم يُكتشف بعد:

Time, 'Call of the Sea', 5 Oct. 1998, p. 60.

ص 313 حتى على عمق 5 كيلومترات تقريباً عثروا على 3700 حيوان:

Kunzig, The Restless Sea, pp. 104-5.

ص 314 تقريباً أقل من عشر المحيط يُعدّ منتجاً على المستوى الطبيعي:

Economist survey, 'The Sea', 23 May 1998, p. 4.

ص 314 لا يجعلها حتى بين الخمسين التي في القمة بين دول صيد الأسماك:

Flannery, The Future Eaters,p. 104.

ص 315 ينتف كثير من الصيادين زعانف سمك القرش:

Audubon, May-June 1998, p. 54.

ص 315 ويرفعون خلفها شباكاً كبيرة بما يكفي للإمساك بعشرٍ من طائرات الجمبو:

Time, 'The Fish Crisis', 11 Aug. 1997, p.66.

ص 315 «لا نزال في العصور المظلمة. فقط نرمي شبكة إلى الأسفل، ونرى ما يخرج إلى الأعلى»:

Economist, 'Pollock Overboard', 6Jan. 1996, p. 22.

ص 315 ربما 22 مليون طن من ذلك السمك غير المرغوب يرمى ثانية في البحر ميتاً:

The Sea', 23 May 1998, p. 12.

صـ 316 مناطق واسعة من قـاع بحر الشمال تصطاد فيها الجاروفات الأسماك سبع مرات في العام: Outside, Dec. 1997, p. 62.

ص 316 كان الصيادون يجرفونها بالسلال:

National Geographic, Oct. 1993, p. 18.

ص 316 هبط هذا في عام 1990 إلى 22,000 طن:

Economist survey, ‘The Sea’, 23 May 1998, p. 8.

316 «اصطادها كلها الصيادون»:

Kurlansky, Cod, p. 186.

ص 316 سلالات لم تعاود الظهور:

Nature, ‘How Many More Fish in the Sea?’, 17 Oct. 2002, p. 662.

ص 317 في هذه الأيام، كما قال بجفاف: إن الأسماك هي كل ما تبقى»:

Kurlansky, Cod, p. 138.

صـ 317 «إن علمـاء الجيولوجيا يقـدرون أن 90% من سرطانـات البحر تصطاد في أثناء عام بعد أن تصل إلى الحد الأدنى من الحجم القانوني»:

New York Times magazine, ‘A Tale of Two Fisheries’, 27 Aug. 2000, p. 40.

ص 317 يمكن أن يعيش 15 مليون منها في ألواح الجليد في أناركتيكة: نص من برنامج

BBC Horizon transcript, ‘Antarctica: The Ice Melts’, p. 16.

الفصل التاسع عشر: نشوء الحياة

319 بعـد بضعـة أيام، صار الماء الذي في القوارير أخضـر و أصفر في خليط قوي من الأحماض الأمينية: Earth, ‘Life’s Crucible’, Feb. 1998, p. 34.

ص 319 أنتج تكرار تجارب ميلر بمزيد من هذه التغذيات الجديدة حمضاً أمينياً بدائياً واحداً فحسب: Ball, H2O, p. 209.

ص 319 يمكن أن يكون هناك مليون نمط من البروتين في الجسم البشري:

Discover, 'The Power of Proteins', Jan. 2002, p. 38.

ص 320 ما يتضارب مع المئتين في ترتيب موصوف هو 1 في 10^{260}:

Crick, Life Itself, p. 51.

ص 320 إن الهيموغلوبين هو فقط بطول 146 من الأحماض الأمينية، قزم بمعايير البروتين: Sulston and Ferry, The Common Thread, p. 14.

ص 322 إن الـ (DNA) ماهر جداً في نسخ نفسه ويستطيع أن يصنع نسخة من نفسه في ثوانٍ: Margulis and Sagan, Microcosmos, p.63.

ص 321 «إذا كل شيء يحتاج إلى كل شيء آخر، فكيف نشأت جماعة الجزيئات في البداية؟»: Davies, The Fifth Miracle, p. 71.

ص 32 يجب أن يكون هناك نوع من عملية الانتخاب التراكمية سمحت للأحماض الأمينية بأن تتجمّع: Dawkins, The Blind Watchmaker, p. 45.

ص 322 إن كثيراً من الجزيئات في الطبيعة تجتمع سوية؛ كي تشكل سلاسل تدعى البوليمرات: Dawkins, The Blind Watchmaker, p. 115.

ص 322 «تجلٍّ إلزامي للمادة»:

quoted in Nuland, How We Live, p. 121.

ص 323 إذا شئت أن تخلق شيئاً حياً آخر فستحتاج في الواقع تقريباً إلى أربعة عناصر رئيسة فحسب»: Schopf, Cradle of Life, p. 107.

ص 323 «ليس هناك ما هو خاص في المواد التي تُصنع منها الأشياء الحية»:

Dawkins, The Blind Watchmaker, p. 112.

ص 323 كما يعبر عن الأمر نص بارز في البيولوجيا، بتلميح من عدم الراحة:

Wallace et al., Biology, p.428.

ص 323 حتى الخمسينيات، اعتُقد أن الحياة هي أقل من ست مئة مليون سنة:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 71.

ص 323 نستطيع أن نستنتج فحسب من هذه السرعة أنه ليس من «الصعب على حياة من المرتبة البكتيرية أن تتطوّر»:

New York Times, 'Life on Mars? So What?', 11 Aug. 1996.

ص 323 «تنشأ الحياة، حينما تستطيع، كان مقدراً عليها كيميائياً أن تكون»:

Gould, Eight Little Piggies, p. 328.

ص 324 حين بوغت عشرات الآلاف من الأستراليين بسلسلة من الانفجارات الصوتية ومشهد كرة من النار تندفع من الشرق إلى الغرب عبر السماء:

Sydney Morning Herald, 'Aerial Blast Rocks Towns', 29 Sept. 1969, and 'Farmer Finds "Meteor Soot"', 30 Sept. 1969.

ص 324 كان منقطاً بالأحماض الأمينية 74 نوعاً كلها:

Davies, The Fifth Miracle, pp. 209-10.

ص 325 بضع أحجار نيزكية أخرى كربونية ضلت في مدار الأرض مذاك:

Nature, Life's Sweet Beginnings?, 20-27 Dec. 2001, p. 857; Earth, 'Life's Crucible', Feb.1998, p. 37.

ص 325 «على حافة الاحترام العلمي»:

Gribbin, In the Beginning, p. 78.

ص 326 «أينما ذهبت في العالم، أي حيوان أو نبات أو حشرة أو جسم تنظر إليه»:

Ridley, Genome, p. 21.

ص 329 «لا يمكن أن نتأكد من أن ما تحمله كان يحتوي مرة على متعضيات حية»:

interview with Victoria Bennett, Australia National University, Canberra, 21 Aug. 2001.

ص 330 متلئ بالأبخرة الكريهة من أحماض الهيدروكروليك والأحماض الكبريتية القوية بما يكفي كي تخترق الثياب، وتسبب التآكل في الجلد:

Ferns, Seeing in the Dark, p. 200.

ص 330 «ما من شك أنه اختراع الاستقلاب هو الأكثر أهمية في تاريخ الحياة على الكوكب»: Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 78

ص 330 إن كريات دمنا البيضاء تستخدم الأوكسجين في الحقيقة كي تقتل البكتيريا الغازية: note provided by Dr Laurence Smaje

ص 331 ولكن منذ نحو 3.5 بليون عام هناك شيء أكثر تشديداً صار واضحاً:

Wilson, The Diversity of Life, p.186.

ص 332 «إن هذا في الحقيقة الزمن مسافراً»: Fortey, Life, p. 66

ص 332 إن بكتيريا السيانيت في شارك بي ربما هي المتعضيات الأبطأ تطوراً على الأرض: Schopf, Cradle of Life, p. 212

ص 332 «لا تستطيع الحيوانات أن تستدعي الطاقة على العمل»:

Fortey, Life, p. 89.

ص 333 لن تكون أي شيء أكثر من أثر من مكيروبات بسيطة:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 128.

ص 333 يمكن أن تحشد بليوناً في المكان الذي تحتله حبة رمل:

Brown, The Energy of Life, p. 101.

ص 333 عُثر على مستحاثات كهذه مرة واحدة فقط، ثم لم يعرف عنها لخمس مئة مليون عام: Ward and Brownlee, Rare Earth, p. 10.

ص 333 أكثر من «حقائب من المواد الكيماوية»: Drury, Stepping Stones, p. 68.

ص 333 ما يكفي، كما قال كارل ساغان، لملء ثمانين كتاباً من خمس مئة صفحة:

Sagan, Cosmos, p. 273.

الفصل العشرون: عالم صغير

ص 335 صار لويس باستور، عالم الكيمياء والبكتيريا الفرنسي العظيم مشغولاً بهذا إلى درجة أنه كان ينظر بشكل نقدي إلى كل صحن يوضع أمامه بمنظار مكبر:

Biddle, A Pield Guide to the Invisible, p. 16.

ص 335 إذا كنت في صحة جيدة وجاد في موضوع الصحة فسيكون لديك حشد من ترليون بكتيريا ترعى في سهولك اللحمية:

Ashcroft, Life at the Extremes, p. 248; Sagan and Margulis, Garden of Microbial Delights, p. 4.

ص 335 إن نظام الهضم لديك وحده يستضيف أكثر من مئة مليون ترليون ميكروب، من 400 نمط على الأقل:

Biddle, A Pield Guide to the Invisible, p. 57.

ص 335 عدد مدهش ليس له وظيفة قابلة للرصد:

National Geographic, ‘Bacteria’, Aug. 1993, p.51.

صـ 335 يتألـف كل جسم بشري من نحو عشرة كدريليـون خلية، ولكنه يستضيف مئة كدريليون من الخلايا البكتيرية:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 67.

ص 336 لا نستطيع أن نحيا يوماً واحداً دونها:

New York Times, ‘From Birth, Our Body Houses a Microbe Zoo’, 15 Oct. 1996, p. C-3.

ص 336 تعيش الأشنيات والمتعضيات الأخرى الصغيرة في البحر، وتنتج 150 بليون كيلوغرام من المادة كل عام:

Sagan and Margulis, Garden of Microbial Delights, p. 11.

ص 336 الجراثيم اللاهوائية العصوية الشكل Clostridium perfringens، المتعضي الصغير المكروه الذي يسبب الغرغرينا، ويمكن أن يتناسل في تسع دقائق:

Outside, July 1999, p. 88.

صـ 336 بسرعة كهـذه تستطيع بكتيريا واحدة أن تنتج نظريـاً المزيد من السلالة في يومين أكثر مما يوجد بروتونات في الكون:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 75.

ص 336 «تستطيع خلية بكتيرية واحدة أن تولّد 280,000 بليون فرد في يوم واحد»:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p. 320.

ص 337 إن كل البكتيريا تسبح جوهرياً في مجموعة جينية واحدة:

Margulis and Sagan, Microcosmos, p. 16.

ص 337 اكتشف العلماء في أسترالية ميكروبات تُعرف باسم thiobacillus cocretivorans:

Davies, The Fifth Miracle, p. 145.

ص 337 تحلّل بعض البكتيريا مواد كيميائية لا تستفيد منها مطلقاً:

National Geographic, ‘Bacteria’, August 1993, p. 39.

ص 328 «كأعضاء لمصاص دماء تنبعث من جديد في فيلم رعب»:

Economist, ‘Human Genome Survey’, 1 July 2000, p. 9.

ص 328 ربما كان البقاء الأكثر خرقاً للعادة الذي اكتُشف هو بكتيريا تدعى المكوّرة العقديّة التي أخرجت من العدسات المختومة لكاميرا بقيت على القمر سنتين:

Davies, The Fifth Miracle, p. 146.

ص 328 اقترُح أن قضمها الذي لا يكلّ هو الذي أنشأ قشرة الأرض:

New York Times, ‘Bugs Shape Landscape, Make Gold’, 15 Oct. 1996, p. C-l.

ص 329 إذا أخرجت البكتيريا كلها من داخل الأرض وألقيتها على السطح فإنها ستغطي الكوكب إلى عمق 15 متراً:

Discover, ‘To Hell and Back’, July 1999, p. 82.

ص 329 الأكثر حيوية بينها يمكن أن تنقسم ليس أكثر من مرة في قرن:

Sdentifi’c American, ‘Microbes Deep Inside the Earth’, Oct. 1996, p. 71.

ص 329 «المفتاح إلى الحياة الطويلة، على ما يبدو، هو ألا تعمل كثيراً:

Economist, ‘Earth’s Hidden Life’, 21 Dec. 1996, p.112.

ص 329 عادت بعض المتعضيات الصغيرة إلى الحياة بعد أن أخرجت من علبة لحم معلب عمرها 118 سنة ومن زجاجة بيرة عمرها 166 سنة:

Nature, ‘A Case of Bacterial Immortality?’, 19 Oct. 2000, p. 844.

ص 329 زعم أنه أحيا بكتيريا متجمدة في الجمد السرمدي السيبيري لثلاثة ملايين عام:

Economist, ‘Earth’s hidden life’, 21 Dec. 1996, p. 111.

ص 329 هذا ما زعمه رسل فريلاند وزملاؤه في جامعة ويست تشيستر حيال الاستمرارية:

New Sdentist, ‘Sleeping Beauty’, 21 Oct. 2000, p. 12.

ص 340 اقترح أكثر العلماء تشكيكاً أن العيّنة يمكن أن تكون ملوّثة:

BBC News online,‘Row over Ancient Bacteria’, 7 June 2001.

ص 340 كانت البكتيريا تتجمع عادة في النباتات، أيضاً:

Sagan and Margulis, Garden of Microbial Delights, p. 22.

342 في عام 1969 وفي محاولة لإدخال بعض التنظيم في أخطاء التصنيف:

Sagan and Margulis, Garden of Microbial Delights, p. 24.

ص 342 في ذلك الوقت، وبحسب ووز Woese فقط نحو 500 نوع من البكتيريا كان معروفاً:

New York Times, ‘Microbial Life’s Steadfast Champion’, 15 Oct. 1996, p. C-3.

ص 343 فقط 1% سينمو في الثقافة:

Sdence, ‘Microbiologists Explore Life’s Rich, Hidden Kingdoms’, 21 March 1997, p. 1740.

ص 343 «كالتعلم عن الحيوانات عبر زيارة إلى حديقة الحيوانات»:

New York Times, ‘Microbial Life’s Steadfast Champion’, 15 Oct. 1996,p.C-7.

ص 344 ووز... «شعر بخيبة أمل مريرة»:

Ashcroft, Life at the Extremes, pp. 274-5.

ص 345 «انتقلت البيولوجيا، كالفيزياء قبلها إلى مستوى، حيث الموضوعات المهمة وتفاعلاتها غالباً لا يمكن أن تُدرك عبر الملاحظة المباشرة»:

Proceedings of the National Academy of Sdences, 'Default Taxonomy: Ernst Mayr's View of the Microbial World', 15 Sept. 1998.

ص 345 «لم يكن ووز مدرباً كعالم بيولوجيا ولم يكن يمتلك معرفة شاملة بمبادئ التصنيف:

Proceedings of the National Academy of Sdences, 'Two Empires or Three?', 18 Aug. 1998.

ص 345 من الأقسام الثلاثة والعشرين للحياة فقط ثلاثة... طويلة بما يكفي كي تراها العين البشرية:

Schopf, Cradle of Life, p. 106.

ص 346 إذا جمعت كل الكتلة البيولوجية للكوكب فستشكل الميكروبات تقريباً 80% منها:

New York Times, 'Microbial Life's Steadfast Champion', 15 Oct. 1996, p. C-7.

ص 346 المتعضي الأكثر نقلاً للعدوى على الكوكب، بكتيريا تدعى الولباتشيا:

Nature, 'Wolbachia: a tale of sex and survival', 11 May 2001, p. 109.

ص 346 فقط ميكروب من كل ألف ممرض للبشر:

National Geographic, 'Bacteria', Aug. 1993, p.39.

ص 346 لا تزال الميكروبات القاتلة رقم ثلاثة في العالم الغربي:

Outside, July 1999, p. 88.

صـ 347 إن التاريـخ ممتلىء بالأمراض التـي «سببت مرة أوبئـة مرعبة، ثم اختفت بشكل غامض، كما جاءت»:

Diamond, Guns, Genns and Steel, p.208.

ص 348 مرض يُدعى necrotizing fasciitis فيه تقوم البكتيريا بالتهام الضحية من الداخل إلى الخارج: Gawande, Complications, p. 234.

349 «حان الوقت لإغلاق الكتاب الخاص بالأمراض المعدية»:

New Yorker, ‘No Profit, No Cure’, 5 Nov. 2001, p.46.

صـ 349 حتى حين كان يتحدث كان 90% مـن تلك السلالات في عملية تطوير مناعة من البنسلين:

Economist, ‘Disease Fights Back’, 20 May 1995, p. 15.

صـ 349 في عـام 1997 أفاد مستشفـى في طوكيو عن ظهور سلالـة تستطيع مقاومة حتى هذا:

Boston Globe, ‘Microbe Is Feared to Be Winning Battle Against Antibiotics’, 30 May 1997, p. A-7.

ص 349 كما قال جيمس سوروويكي:

New Yorker, ‘No Profit, No Cure’, 5 Nov. 2001, p. 46.

ص 350 لم تعتنق المؤسسات الصحية القومية في أمريكة رسمياً الفكرة حتى 1994:

Economist, ‘Bugged by Disease’, 21 March 1998, p. 93.

ص 350 «مئات، مات آلاف من تقرحات كان يجب ألا يموتوا منها»:

Forbes, ‘Do Germs Cause Cancer?’, 15 Nov. 1999, p. 195.

صـ 350 «منـذ ذلك الوقت أظهر المزيد من البحث أن هنـاك مركّباً بكتيرياً في أنواع الاضطرابات الأخرى جميعها:

Science, 'Do Chronic Diseases Have an Infectious Root?', 14 Sept. 2001, pp. 197~.

ص 350 «قطعة من الحمض النووي محاطة بأخبار سيئة»:

quoted in Oldstone, Viruses, Plagues and History, p. 8.

ص 350 إن خمسة آلاف نمط من الفيروس تقريباً هي معروفة:

Biddle, A Field Guide to the Invisible, pp. 153-4.

ص 351 قتل الجدري في القرن العشرين ما يقدر بثلاث مئة مليون شخص:

Oldstone, Viruses, Plagues and History, p. 1.

ص 351 في عشرة أعوام قتل المرض خمسة ملايين شخص، ثم اختفى بهدوء:

Kolata, Flu, p. 292.

صـ 351 قتلت الحرب العالمية الأولى 21 مليون إنسان في أربع سنوات؛ فعلت أنفلونزا الخنزير الأمر نفسه في أشهرها الأربعة الأولى:

American Heritage, 'The Great Swine Flu Epidemic of 1918', June 1976, p.82.

صـ 352 في محاولة لاختراع لقاح قامـت السلطات الطبية بتجارب على متطوعين في سجن عسكري في جزيرة دير في بوسطن هاربر:

American Heritage, 'The Great Swine Flu Epidemic of 1918', June 1976, p. 82.

صـ 354 اكتشـف الباحثون في مشفى مانشستر الملكي أن بحاراً مات من علل غامضة لا تُعالج عام 1959 كان في الحقيقة مصاباً بالإيدز:

National Geographic, 'The Disease Detectives', Jan. 1991, p. 132.

ص 354 في عام 1969 كان هناك طبيب في مخبر جامعة ييل في نيوهيفن، كونيتيكت يدرس حمى لاسّا»:

Oldstone, Viruses, Plagues and History, p. 126.

ص 354 في 1990 أصيب نيجيري يعيش في شيكاغو بحمّى لاسّا حين زار بلاده:

Oldstone, Viruses, Plagues and History, p. 128.

الفصل الواحد والعشرون: الحياة تستمر

ص 355 مصير جميع المتعضيات الحية تقريباً:

Schopf, Cradle of Life, p. 72.

ص 355 إن نحو 15% فحسب من الصخور يمكن أن تحتفظ بالمستحاثات:

Lewis, The Dating Game, p. 24.

ص 356 أقل من نوع واحد من بين عشرة آلاف دخل إلى سجل الأحافير:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science, p. 280.

ص 356 مقولة: إنه كان هناك 250,000 نوع من الكائنات في سجل الأحافير:

Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p. 45.

ص 356 نحو 95% من المستحاثات جميعها التي نملكها هي لحيوانات عاشت مرة تحت الماء: Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p. 45.

ص 357 «يبدو عددها كبيراً، وافق:

interview with Richard Fortey, Natural History Museum, London, 19 Feb. 2001.

ص 357 عاش البشر حتى الآن نصف 1% من طول حياتهم:

Fortey, Trilobite!, p. 24.

ص 358 «Profallotaspis أو Elenellus كاملة كبيرة كسرطان»:

Fortey, Trilobite!, p. 121.

ص 358 وجمع مجموعة لها تميّز كافٍ، بحيث إنّ لويس أجاسيز اشتراها:

From Farmer- Laborer to Famous Leader: Charles D. Walcott (1850--1927)', GSA Today,Jan. 1996.

ص 359 استلم والكوت عام 1879 وظيفة باحث ميداني:

Gould, Wonderful Life, pp. 242-3.

ص 359 «تملأ كتبه رفاً في مكتبة»:

Fortey, Trilobite!, p.53.

ص 360 «فسحتنا الوحيدة عند استهلال الحياة الحديثة»:

Gould, Wonderful Life, p. 56.

ص 360 جولد، ميّال إلى التدقيق دوماً، اكتشف:

Gould, Wonderful Life, p. 71.

ص 360 140 نوعاً، في رواية واحدة:

Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p. 27.

ص 361 «مدى من التنوع لم يضاهَ ثانية أبداً»:

Gould, Wonderful Life, p. 208.

ص 361 «تحت تأويل كهذا»، جولد تنهّد: Gould, Eight Little Piggies, p. 225.

ص 361 ثم في عام 1973 طالب متخرج من كمبريدج:

National Geographic, ‘Explosion of Life’, Oct. 1993, p.126.

ص 361 كان هناك كثير من الجدة غير المعترف بها... بحيث في نقطة ما»:

Fortey, Trilobite!, p. 123.

ص 362 كلها تستخدم الهندسة التي أنشئت في البداية في الحفلة الكمبرية:

US News and World Report, ‘How Do Genes Switch On?’, 18-25 Aug. 1997, p. 74.

ص 362 على الأقل 15 وربما 20: Gould, Wonderful Life, p. 25.

ص 362 «أعد إلى الوراء شريط الحياة»: Gould, Wondeljill Life, p.14.

ص 363 في عام 1946 سبريج، معاون عالم جيولوجيا حكومي:

Corfleld, Architects oj Eternity, p. 287.

ص 363 ولكن لم يقبلها رئيس المؤسسة:

Corfleld, Architects of Eternity, p. 287.

ص بعد تسع سنوات، في 1957: Fortey, Life, p. 85.

ص 365 «ليس هناك شيء اليوم حي بشكل مشابه»: Fortey, Life, p. 88.

ص 365 «إنها صعبة التأويل»: Fortey, Trilobite!, p 125.

ص 365 «لو استطاع ستيفن جولد أن يفكر بوضوح فقط كما يكتب!» دوكينز:

Dawkins, Sunday Telegraph, 25 Feb. 1990.

ص 365 واحد، كتب في النيويورك تايمز بوك ريفيو:

New York Times Book Review, ‘Survival of the Luckiest’, 22 Oct. 1989.

ص 366 باغت كثيرين في جماعة علم الإحاثة مهاجماً جولد في كتاب من تأليفه، بوتقة الخلق:

New York Times Book Review, 'Rock of Ages', 10 May 1998, p. 15.

ص 366 «لم أقابل أبداً حقداً كهذا في كتاب يؤلفه محترف»:

Fortey, Trilobite!, p. 138.

ص 367 يقدم فورتي مثالاً فكرة مقارنة بين الزَّبابة والفيل:

Fortey, Trilobite!, p. 132.

ص 368 «لا شيء غريب كبرنقيل اليوم الحاضر»: Fortey, Life, p. 111.

ص 368 «ليس أقل أهمية، أو غرابة، فقط أكثر قابلية للشرح»:

Fortey, 'Shock Lobsters', London Review oj Books, 1 Oct. 1998.

ص 368 إنه لأمر واحد الحصول على كائن جيد الشكل كثلاثي الفصوص يندفع إلى العزلة: Fortey, Trilobite!, p.137.

الفصل الثاني والعشرون: وداعاً لكل هذا

ص 371 في مناطق من آناركتيكا حيث في الواقع لا شيء آخر سينمو:

Attenborough, The Living Planet, p. 48.

ص 372 «يصبح الحجر اللاعضوي تلقائياً نبتة حية»:

Marshall, Mosses and Lichens, p. 22.

ص 372 يحتوي العالم على أكثر من عشرين ألف نوع من الأشنيات:

Attenborough, The Private Life of Plants, p. 214.

ص 372 تلك التي بحجم صحون العشاء... هي من ثمّ «من المحتمل أن تكون بعمر

مئات إن لم يكن آلاف السنين»:

Attenborough, The Living Planet, p. 42.

ص 373 إذا تخيّلت الأربعة آلاف وخمس مئة مليون عام من تاريخ الأرض مضغوطة في يوم أرضي:

adapted from Schopf, Cradle of Life, p. 13.

ص 373 مد ذراعيك إلى النهاية وتخيل الاتساع على أنه التاريخ الكامل للأرض:

McPhee, Basin and Range, p. 126.

ص 375 «كانت مستويات الأوكسجين بارتفاع 35%:

Officer and Page, Tales of the Earth, p. 123.

ص 376 تتراكم النظائر بنسب سرعة مختلفة بحسب كمية الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون في الجو:

Officer and Page, Tales of the Earth, p. 118.

ص 376 «وضعتها القوات الجوية الأمريكية في أنفاق للريح؛ لتراقب كيف تفعل ذلك وييئست»: Conniff, Spineless Wonders, p. 84.

ص 377 «في الغابات المكوّنة للفحم تصبح اليعاسيب بحجم الغربان»:

Fortey, Life, p. 201.

ص 378 لحسن الحظ عثر الفريق على كائن كهذا فحسب:

BBC Horizon, ‘The Missing Link’, first broadcast 1 Feb. 2001.

ص 379 تشير الأسماء إلى عدد ومكان الثقوب التي عثر عليها إلى جانب جماجم مالكيها:

Tudge, The Variety of Life, p. 411.

ص 379 ولكن العدد رُفع إلى 4,000 بليون:

Tudge, The Variety of Life, p. 9.

ص 379 «في نتيجة صحيحة أولية... الأنواع جميعها انقرضت»:

quoted by Gould, Eight Little Piggies, p. 46.

ص 379 معدل مدة الحياة هو فقط نحو 4 ملايين عام:

Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p.38.

ص 379 «إن بديل الانقراض هو الركود»:

inter- view with Ian Tattersall, American Museum of Natural History, New York, 6 May 2002.

ص 379 تُربط الأزمات في تاريخ الأرض بشكل ثابت بقفزات درامية فيما بعد:

Stanley, Extinction, p. 95; Stevens, The Change in the Weather, p. 12.

ص 380 في العصر البرمي، على الأقل 95% من الحيوانات المعروفة من سجل الأحافير اختفت دون أن تعود أبداً:

Harper's, 'Planet of Weeds', Oct. 1998, p. 58.

ص 380 حتى نحو ثلث أنواع الحشرات تلاشى المناسبة الوحيدة التي فقدت فيها بالجملة: Stevens, The Change in the Weather, p. 12

ص 380 «كان في الحقيقة انقراضاً جماعياً»: Fortey, Life, p.235

ص 381 تتراوح التقديرات عن عدد أنواع الحيوانات الحية في نهاية العصر البرمي بين 45,000 و240,000:

Gould, Hen's Teeth and Horse's Toes, p.340.

ص 381 بالنسبة للأفراد يمكن أن تكون نسبة الوفيات أعلى بكثير في كثير من الحالات، وعملياً كلية:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, p.143.

ص 381 الحيوانات التي ترعى، وبينها الأحصنة، انقرضت تقريباً في الحدث Hemphilian:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 100.

ص 381 هناك اثنان وعشرون من المجرمين على الأقل اتُهموا كعلل أو مسهمين رئيسين:

Earth, ‘The Mystery of Selective Extinctions’, Oct. 1996, p. 12.

ص 381 «أطنان من التخمين والقليل جداً من البراهين»:

New Scientist, ‘Meltdown’, 7 Aug. 1999.

ص 382 إن انفجاراً كهذا ليس من السهل تصوّره:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, p. 19.

ص 382 كانت لنيزك كي تي ميزة إضافية ميزة لو كنت من الثدييات، أي:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 17.

ص 383 «لماذا ستخرج حيوانات حساسة كهذه دون أذى من كارثة كهذه لا مثيل لها؟»:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 43.

ص 383 كانت القصة نفسها في البحار:

Gould, Eight Little Piggies, p. 304.

ص 383 «لا يبدو مرضياً أن نسميها «محظوظة» ونتركها عند هذا»:

Fortey, Life, p.292.

صـ 384 إن المدة التي تأتـي حالاً بعد انقراض الديناصـورات يمكن أن تسمى عصر السلاحف: Flannery, The Eternal Frontier, p. 39.

ص 385 «إن التطور يمكن أن يمقت الفراغ... ولكن غالباً ما يستغرق وقتاً طويلاً؛ كي يملأه»: Stanley, Extinction, p. 92.

ص 385 ربما بقيت الثدييات صغيرة بحذر لعشرة ملايين عام:

Novacek, Time Traveler, p.112.

ص 385 كان هناك لبعض الوقت خنزير كينية بحجم الكركدن وكركدن بحجم منزل من طابقين: Dawkins, The Blind Watchmaker, p. 102.

ص 385 لملايين الأعوام، طائر عملاق، لا يطير ولاحم دعي تايتانيس كان ربما المخلوق الأكثر شراسة في شمال أمريكة:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 138.

ص 386 بني في عام 1903 في بتسبرغ وقدمه إلى المتحف أندرو كانيجي:

Colbert, The Great Dinosaur Hunters and their Discoveries, p. 164.

صـ 386 حتى وقت متأخر جداً جـاء كل ما نعرفه عن الديناصورات في هذه المدة من ثلاث مئة عينة فقط:

Powell, Night Comes to the Cretaceous, pp. 168-9.

ص 387 «ليس هناك سبب للاعتقاد بأن الديناصورات كانت تنفق تدريجياً»:

BBC Horizon, ‘Crater of Death’,- first broadcast 6 May 2001.

ص 387 إن البشر هنا اليوم؛ لأن خطنا الخاص لم يتشظَّ أبداً»:

Gould, Eight Little Piggies, p. 229.

الفصل الثالث والعشرون: غنى الوجود

ص 390 إن غرفة الكحول وحدها فيها 15 ميلاً من الرفوف:

Thackray and Press, The Natural History Museum, p. 90.

ص 391 44 سنة من انتهاء البعثة:

Thackray and Press, The Natural History Museum, p. 74.

ص 391 نشر في عام 1956 ولا يزال يمكن العثور عليه على رفوف بعض المكتبات ويعدّ المحاولة الأولى:

Conard, How to Know the Mosses and Livernlorts, p. 5.

ص 392 «إن المناطق الاستوائية هي المكان الذي تعثر فيه على التنوّع»:

inter- view with Len Ellis, Natural History Museum, London, 18 April 2002.

ص 394 نخل كمية من العلف مرسلة لحيوانات السفينة وقام باكتشافات جديدة:

Barber, The Heyday of Natural History: 1820-1870, p. 17.

ص 396 منح لأجزاء نوع واحد من البطلينوس الأسماء:

Gould, Leonardo's Mountain of Clams and the Diet of Worms, p. 79.

ص 397 «الحب يأتي حتى إلى النباتات. الذكور والإناث يتزاوجون»:

quoted by Gjertsen, The Classics of Sdence, p. 237, and at University of California/UCMP Berkeley website.

ص 397 أرجعها لينيوس إلى physalis angulata:

Kastner, A Spedes of Eternity, p. 31.

ص 398 الطبعة الأولى من كتابه نظام الطبيعة:

Gjertsen, The Classics ofSdence, p. 223.

ص 398 كتاب جون ريس المؤلف من ثلاثة أجزء بعنوان التاريخ العام للنباتات في إنكلترة: Durant, The Age of Louis XIV, p.519.

ص 398 تماماً في الوقت المناسب لجعل لينيوس نوعاً من الأب لعلماء الطبيعة البريطانيين: Thomas, Man and the Natural World, p. 65.

ص 398 قبل بسذاجة من البحارة ومسافرين ذوي خيال خصب:

Schwartz, Sudden Origins, p. 59.

ص 398 رأى أن الحيتان تنتمي مع الأبقار والفئران وحيوانات أرضية أخرى إلى فئة رباعيات الأقدام (تغيرت فيما بعد إلى الثدييات):

Schwartz, Sudden Origins, p. 59.

ص 399 تضمنت أسماء أخرى في الاستخدام اليومي ضراط الفرس، والسيدات العاريات، والخصيتان المرتعشتان، وبول الكلب، والاست المفتوح، ومنديل المؤخرة: Thomas, Man and the Natural World, pp. 82-5.

ص 400 بينما يضع إدوارد و. ولسون في تنوّع الحياة الرقم بشكل قوي على نحو مفاجئ 89:

Wilson, The Diversity oj Life, p. 157.

ص 400 نقل وسط الزئير إلى جنس الأعشاب الغرنوقيّة:

Elliott, The Potting-Shed Papers, p. 18.

ص 400 تتراوح التقديرات بين 3 ملايين إلى 200 مليون:

Audubon, ‘Earth’s Catalogue’, Jan.-Feb. 2002; Wilson, The Diversity oj Life, p. 132.

ص 400 من المحتمل أن 97% من نباتات الأرض والأنواع الحيوانية لم تُكتشف بعد:

Economist, ‘A Golden Age of Discovery’, 23 Dec. 1996, p. 56.

ص 400 قدر عدد الأنواع المعروفة من الأنماط جميعها: الحيوانات والحشرات والجراثيم والأشنيات، وكل شيء بـ 1.4 مليون:

US News and World Report, 18 Aug. 1997, p. 78.

ص 401 استغرق الأمر مع جروفز أربعة عقود؛ كي يحل كل شيء:

New Sdentist, ‘Monkey Puzzle’, 6 Oct. 2001, p. 54.

ص 403 إن خمسة عشر ألف نوع من كل الأنواع يسجل كل عام فحسب:

Wall Street journal, ‘Taxonomists Unite to Catalog Every Species, Big and Small’, 22 Jan. 2001.

403 «إنها ليست أزمة تنوع بيولوجي، بل أزمة علم تصنيف!»:

interview with Koen Maes, National Museum, Nairobi, 2 Oct. 2002.

ص 403 «وصفت كثير من الأنواع بشكل سيئ في منشورات معزولة»:

Nature, ‘Challenges for Taxonomy’, 2 May 2002, p. 17.

ص 404 أطلق مشروعاً دعاه مؤسسة كل الأنواع:

The Times, ‘The List of Life on Earth’, 30.

ص 404 إن فرشتك منزلٌ ربما لمليوني جرثومة:

Bodanis, The Secret House, p. 16.

ص 404 إذا اقتبسنا الشخص الذي قام بالقياس، الدكتور جون موندر من مركز علم الحشرات الطبي البريطاني:

New Scientist, ‘Bugs Bite Back’, 17 Feb. 2001, p. 48.

ص 305 إن هذه الميكروبات كانت معنا منذ الزمن السحيق:

Bodanis, The Secret House, p. 15.

ص 305 ستحتوي عيّنتك أيضاً على مليون خميرة ريانة:

National Geographic, 'Bacteria', Aug. 1993, p.39.

ص 305 «إذا وجد أكثر من 9000 نمط ميكروبي في مقدارين ضئيلين من منخمرة من موضعين مختلفين في النروج»:

Wilson, The Diversity of Life, p. 144.

ص 305 بحسب تقدير واحد يمكن أن تكون 400 مليون:

Tudge, The Variety of Life, p. 8.

ص 406 واكتشف ألف نوع جديد من النبات المزهر:

Wilson, The Diversity of Life, p. 197.

ص 406 بالمجمل، إن الغابات المطرية الاستوائية تغطي نحو 6% فقط من سطح الأرض: ولسون، تنوع الحياة، ص 197.

ص 406 «أكثر من ثلاثة بلايين عام ونصف من التطور»:

Economist, 'Biotech's Secret Garden', 30 May 1998, p. 75.

ص 407 عثر على بكتيريا قديمة على حائط بار ريفي:

Fortey, Life, p. 75.

ص 407 نحو 500 نوع تم تحديده (بالرغم من أن مصادر أخرى تقول: 360):

Ridley, The Red Queen, p. 54.

ص 407 اجمع كل الفطريات التي يعثر عليها في هكتار معين من أراضي المروج:

Attenborough, The Private Life of Plants, p. 177.

ص 407 يُعتقد أن العدد الكلي يمكن أن يكون 1.8 مليون:

National Geographic, ‘Fungi’, Aug. 2000, p. 60; Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p. 117.

ص 408 الطائر النيوزلندي الضخم الذي لا يطير الذي يدعى تاكاهي:

Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. 2.

ص 408 عدّ الحصان حالة نادرة في العالم الأوسع:

New York Times, ‘A Stone-Age Horse Still Roams a Tibetan Plateau’, 12 Nov. 1995.

ص 408 «الحيوان العملاق»، نوع من الكسلان الأرضي العملاق يمكن أن يبلغ ارتفاعه ارتفاع الزرافة»:

Economist, ‘A World to Explore’, 23 Dec. 1995, p. 95.

ص 409 سطر واحد من نص في جدول كرامبتون:

Gould, Eight Little Piggies, pp. 32-4.

ص 409 تسلق 4000 كيلومتر؛ كي يجمع مجموعة من ثلاث مئة ألف دبور:

Gould, The Flamingo’s Smile, pp. 159-60.

الفصل الرابع والعشرون: الخلايا

411 عليك أن تصغّر العدد نفسه من المركّبات التي يعثر عليها في طائرة بوينغ 777:

New Scientist, 2 Dec. 2000, p. 37.

ص 412 لا نفهم إلا 2% منها:

Brown, The Energy of Life, p. 83.

ص 412 كان هدفه في البداية لغزاً، ولكن عندئذ بدأ العلماء يعثرون عليه في كل مكان:

Brown, The Energy of Life, p. 229.

ص 412 يتحول إلى حمض نتري في تيار الدم،يرخي بطانة الشرايين، سامحاً للدم أن يتدفق بحرية أكبر:

Alberts, et aI., Essential Cell Biology, p.489.

ص 412 تملك «بضع مئات» من أنواع الخلايا:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 1, p.21.

ص 413 إذا كنت بالغاً متوسط الحجم فلا بد أن لديك 2 كيلوغرام من الجلد الميت:

Bodanis, The Secret Family, p. 106.

ص 413 يمكن أن تعيش خلايا الكبد سنوات:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 1, p. 68.

ص 414 ليس كثيراً كجزيء ضال:

Bodanis, The Secret Family, p. 81.

ص 415 حسب هوك أن مربع بحجم إنش من السدادة سيحتوي على 1,259,712,000 من هذه الغرف الصغيرة: Nuland, How We Live, p. 100.

ص 415 بعد أن أفاد أنه اكتشف «أدلة حيوانية» في عينة من ماء الفلفل pepper- water في 1676:

Jardine, Ingenious Pursuits, p. 93.

ص 415 حسب أن هناك 8,280,000 من هذه الكائنات الصغيرة في قطرة ماء واحدة:

Thomas, Man and the Natural World, p. 167.

ص 415 دعا الكائنات الصغيرة «الأقزام»:

Schwartz, Sudden Origins, p. 167.

ص 415 في واحدة من أقل تجاربه:

Carey (ed.), The Faber Book of Science, p. 28.

ص 415 فقط في عام 1839 أدرك الجميع أن كل المادة الحية خلوية:

Nuland, How We Live, p. 101.

ص 416 قورنت الخلية مع أمور كثيرة:

Trefil, 101 Things You Don't Know About Science and No One Else Does Either, p. 33; Brown, The Energy of Life, p. 78.

ص 416 على أي حال، ارفع هذا، وسيصبح صدمة من 20 مليون فلوت في كل متر:

Brown, The Energy of Life, p. 87.

ص 416 له الاستمرارية التقريبية لـ «درجة خفيفة من زيت الآلة»:

Nuland, How We Live, p. 103.

ص 417 وتطير في بعضها بعضاً بليون مرة في الثانية:

Brown, The Energy of Life, p. 80.

ص 418 «يجب أن يبقى عالم الجزيئات بالضرورة بشكل كامل خارج قدرة خيالنا»:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p. 293.

ص 419 «الحاصل هو حد أدنى من 100 مليون جزيء من البروتين في كل خلية»:

Nuland, How We Live, p.157.

ص 419 في أي لحظة معطاة، إن الخلية العادية في جسمك ستحتوي على نحو بليون جزيء إي تي بي فيها: Alberts et al., Essential Cell Biology, p. 110.

ص 419 في كل يوم تنتج وتستهلك كمية من إي تي بي معادلة لنصف وزن جسمك:

Nature, ‘Darwin’s Motors’, 2 May 2002, p. 25.

ص 419 يعاني الناس من مرض واحد مهلك في كل مئة مليون بليون انقسام للخلية:

Ridley, Genome, p.237.

ص 420 ما دُعي «الفكرة المفردة الأفضل التي سبق أن خطرت لإنسان»:

Dennett, Dan4lin’s Dangerous Idea,p.21.

الفصل الخامس والعشرون: فكرة دارون الفذة

ص 421 «الجميع مهتمون بالحمام»:

quoted in Boorstin, Cleopatra’s Nose, p. 176.

ص 421 «لا تأبه بأي شيء سوى إطلاق النار والكلاب واصطياد الجرذان»:

quoted in Boorstin, The Discoverers, p. 467.

ص 422 إن تجربة مشاهدة عملية على طفل متألم:

Desmond and Moore, Damlin, p. 27.

ص 423 بعضهم «يتاخم الجنون»:

Hamblyn, The Invention of Clouds, p. 199.

ص 423 في خمس سنوات... لم يلمّح مرة واحدة إلى ارتباط:

Desmond and Moore, Danvin, p. 197.

ص 424 مما أوحى، ليس بالمصادفة، أن attols لا يمكن أن تتشكل في أقل من مليون عام: Moorehead, Danvin and the Beagle, p. 191.

ص 424 لم يحدث إلى أن عاد داروان إلى إنكلترة وقرأ مقالة توماس مالتوي مقالة في مبدأ السكان: Gould, Ever since Danvin, p. 21.

ص 424 «كم كنت غبياً؛ لأنني لم أفكر في الأمر»:

quoted in Sunday Telegraph, 'The Origin of Darwin's Genius', 8 Dec. 2002.

ص 424 كان صديقه عالم الطيور جون جولد:

Desmond and Moore, Danvin, p. 209.

ص 425 وسع هذه إلى وصف من 230 صفحة:

Dictionary of National Biography, vol. 5, p. 526.

ص 426 «أكره البرنقيل، كما لم يعرف أي إنسان من قبل»:

quoted in Ferris, Coming of Age in the Milky Way, p. 239.

ص 426 تساءل بعضهم إن كان دارون نفسه يمكن أن يكون المؤلف:

Barber, The Heyday of Natural History, p. 214.

ص 426 «لم يكن قادراً على أن يقوم بتجريد مختصر أفضل:

Dictionary of National Biography, vol. 5, p. 528.

ص 426 «هذا الصيف سيصنع القرن العشرين (!) منذ أن فتحت دفتر ملاحظاتي الأول»: Desmond and Moore, Darnlin, pp. 454-5.

ص 427 «مهما كبرت ستتحطم»: Desmond and Moore, Darnlin, p. 469.

ص 427 «كل ما كان جديداً فيها كان مزيّفاً، وما كان صحيحاً كان قديماً»:

quoted by Gribbin and Cherfas, The First Chimpanzee, p. 150.

428 كان الحدائقي الأسكتلندي باتريك ماثيو أقل إذعاناً لزعم دارون عن الأسبقية:

Gould, The Flamingo’s Smile, p. 336.

ص 428 شعر «كأنه يعترف بجريمة»:

quoted in Desmond and Moore, Darnlin, p. xvi.

ص 429 «يجب أن تبقى المسألة حالياً دون شرح»:

quoted by Gould, Wonderful Life, p. 57.

ص 429 تأمل عن طريق الشرح:

Gould, Ever Since Darnlin, p. 126.

ص 429 «دارون يشطح بعيداً»:

quoted by McPhee, In Suspect Teffain, p. 190.

ص 429 كان هكسلي عالم أملاح:

Schwartz, Sudden Origins, pp.81-2.

ص 430 «تمنحني العين، حتى هذا اليوم رعشة برودة»:

quoted in Keller, The Century of the Gene, p. 97.

ص 430 «أعترف بحرية أنه يبدو في غاية السخف» أن الانتخاب الطبيعي يمكن أن ينتج شيئاً كهذه الأدوات في خطوات متدرجة:

Darwin, On the Origin oj Spedes (facsimile ed.), p. 217.

ص 430 «في النهاية... فقد دارون في الواقع كل الدعم الذي تبقى»:

Schwartz, Sudden Origins, p. 89.

ص 431 كان فيه مكتبة من عشرين ألف كتاب:

Lewontin, It Ain’t Necessarily So, p. 91.

ص 433 ودارون، بدوره، درس بحث فوك المؤثر كما هو معروف:

Ridley, Genome, p. 44.

ص 433 تم حث هكسلي؛ كي يحضر من قبل روبرت تشامبرز:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 79.

ص 433 شق طريقه بجرأة عبر ساعتين من الملاحظات التمهيدية:

Clark, The Sun/ivai of Charles Danvin, p. 142.

ص 434 كان في إحدى تجاربه يعزف لها على البيانو:

Conniff, Spineless Wonders, p. 147.

ص 435 بعد أن تزوج ابنة عمه:

Desmond and Moore, Danvin, p. 575.

ص 435 كُرّم دارون دوماً في مدة حياته، ولكن لم يكرّم أبداً من أجل كتابه في أصل الأنواع: Clark, The Sun/ivai of Charles Danvin, p. 148.

ص 435 لم تحظ نظرية دارون في الواقع بقبول واسع الانتشار، حتى الثلاثينيات والأربعينيات:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 45.

ص 435 بدا كأنه يزعم أن اكتشفات ميندل له:

Schwartz, Sudden Origins, p. 187.

الفصل السادس والعشرون: مادة الحياة

ص 437 «تقريباً قاعدة نووية واحدة في كل ألف»:

Sulston and Ferry, The Common Thread, p. 198.

صـ 437 إن الاستثنـاءات هـي كريات الدم الحمـراء، بعض خلايا الجهـاز المناعي، وخلايا البويضة والسائل المنوي:

Woolfson, Life with- out Genes, p. 12.

ص 439 «ضُمن أن يكون فذاً في وجه أي تناقض»:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p.314.

ص 439 سيكون هناك ما يكفي منه؛ كي يمتد من الأرض إلى القمر ذهاباً وإياباً، ليس مرة واحدة أو مرتين، وإنما مرة بعد أخرى:

Dennett, Darwin's Dangerous Idea, p. 151.

ص 439 يمكن أن يكون لديك 20 مليون كيلومتر من الـ (DNA) متجمعة داخلك:

Gribbin and Gribbin, Being Human, p. 8.

ص 439 «بين أكثر الجزيئات عدم تفاعل وبلادة كيماوية»:

Lewontin, It Ain't Necessarily So, p. 142.

ص 439 اكتُشفت في عام 1869: Ridley, Genome, p. 48.

ص 440 لم يفعل الـ (DNA) أي شيء مطلقاً، بقدر ما يستطيع أن يقول أي شخص:

Wallace et aI., Biology, p. 211.

ص 440 اعتُقد أن التعقيد الضروري يجب أن يوجد في البروتينات في النواة:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p. 295.

ص 442 بدأ العمل من مختبر صغير صار يدعى غرفة الذبابة:

Clark, The Suwival of Charles Darnlin, p. 259.

ص 442 لا يوجد إجماع حول ماهية الجينات: سواء كانت حقيقية أم خيالية»:

Keller, The Century of the Gene, p. 2.

ص 443 نحن في الموقف نفسه اليوم بخصوص العمليات الذهنية كالفكر والذاكرة:

Wallace et aI., Biology, p. 211.

ص 443 اقترح تشارجاف أن اكتشاف آفيري يستحق جائزتي نوبل:

Maddox, Rosalind Franklin, p.327.

ص 443 بما فيه تعبئة السلطات كما قيل... من أجل عدم منح آفيري جائزة نوبل:

White, Rivals, p.251.

ص 443 عضو برنامج إذاعي مشهور جداً يدعى أطفال السؤال والإجابة:

Judson, The Eighth Day of Creation, p.46.

ص 445 «كان أملي أنه يمكن أن يُحل الجين دون تعلّمي أي كيمياء»:

Watson, The Double Helix, p. 21.

ص 445 تم الحصول على نتائجها «بالمصادفة»:

Jardine, Ingenious Pursuits, p. 356.

ص 445 في صورة حادة دون إطراء:

Watson, The Double Helix, p. 17.

ص 445 «مؤلم بلا مسوّغ»: Jardine, Ingenious Pursuits, p.354.

ص 446 مما سبب مقت ولكينز وارتباكه المفترض في صيف 1952 أرسلت ملاحظة ساخرة:

White, Rivals, p. 257; Maddox, Rosalind Franklin, p. 185.

ص 446 «على ما يبدو دون علمها أو موافقتها»:

PBS website, ‘A Science Odyssey’, n.d.

ص 446 بعد سنوات، أقر واتسون أنه «كان الحدث الأساسي... لقد عبأنا»:

quoted in Maddox, Rosalind Franklin, p. 317.

ص 447 مقالة من 900 كلمة كتبها واتسون وكريك بعنوتن «بنية الـ (DNA) »:

de Duve, A Guided Tour of the Living Cell, vol. 2, p. 290.

ص 447 ذكرت بشكل عابر في نيوز كرونيكل وتم تجاهلها في أمكنة أخرى:

Ridley, Genome, p. 50.

ص 448 نادراً ما ارتدت فرانكلين رداء مضاداً للرصاص، وكانت تقف دون انتباه أمام الشعاع: Maddox, Rosalind Franklin, p.144.

ص 448 «استغرق الأمر 25 سنة لنموذجنا من الـ (DNA) كي ينتقل من كونه قابلاً للتصديق إلى كونه صادقاً جداً»:

Crick, What Mad Pursuit, p. 73-4.

ص 448 في عام 1968 استطاعت مجلة ساينس أن تنشر مقالاً بعنوان «هذا ما كانته البيولوجيا الجزيئية التي كانت»:

Keller, The Century of the Gene, p. 25.

ص 448 بهذا المعنى إنها مثل مفاتيح البيانو، وكل منها يعزف لحناً مفرداً ولا شيء آخر:

National Geographic, ‘Secrets of the Gene’, Oct. 1995, p. 55.

ص 449 إن الغوانين، مثلاً، هو المادة نفسها التي تتكاثر، وتمنح اسمها للغوانو:

Pollack, Signs of Life, p. 22-3.

ص 450 «بوسعك القول: إن كل البشر لا يشتركون في أي شيء، وسيكون هذا صحيحاً أيضاً»: Discover, ‘Bad Genes, Good Drugs’, April 2002, p. 54.

ص 453 «توجد من أجل السبب النقي والبسيط بأنها جيدة في نسخ نفسها»:

Ridley, Genome, p.127.

ص 453 سوية، تقريباً نصف الجينات البشرية... لا تفعل أي شيء على الإطلاق، بقدر ما نستطيع القول:

Woolfson, Life without Genes, p. 18.

ص 453 إن الـ (DNA) الرديء له استخدام:

National Geographic, 'The New Science of Identity', May 1992, p. 118.

ص 454 «الأمبراطوريات تسقط، الهوات تنفجر، سمفونيات عظيمة تؤلف، ووراء هذا كله غريزة واحدة تتطلب الإشباع»:

Nuland, How We Live, p. 158.

ص 454 كان هناك كائنان لم يشتركا في سلف واحد لخمس مئة مليون سنة:

BBC Horizon, 'Hopeful Monsters', first transmitted 1998.

ص 454 على الأقل 90% يتواشج على مستوى ما مع تلك التي اكتشفت في الفئران:

Nature, 'Sorry, dogs -man's got a new best friend', 19-26 Dec. 2002, p. 734.

ص 454 لدينا حتى الجينات نفسها لصناعة ذيل، لو أنها تعمل فقط:

Los Angeles Times (reprinted in Valley News), 9 Dec. 2002.

ص 498dubbed homeotic (من كلمة يونانية تعني «مشابه») أو جينات hox:

BBC Horizon, 'Hopeful Monsters', first transmitted 1998.

ص 455 إن السمك الرئوي، الأقل تطوراً من الحيوانات المعقدة جميعها، يمتلك من

الـ(DNA) أكثر بأربعين مرة منا: Schopf, Cradle oj Life, p. 240.

ص 455 ربما أوج أو (الدرك الأسفل) هذا الإيمان بالحتمية البيولوجية كان دراسة نشرت في مجلة ساينس في عام 1980:

Lewontin, It Ain't Necessarily So, p. 215.

ص 456 إن سرعة نمو لحية الرجل ربما لها علاقة بكم يفكر في الجنس:

Wall Street journal, 'What Distinguishes Us from the Chimps? Actually, Not Much', 12 April 2002, p. 1.

ص 457 «إن البروتيوم أكثر تعقيداً من الجينوم»:

Scientific American, 'Move Over, Human Genome', April 2002, pp. 44-5.

ص 457 بحسب المزاج والظرف الاستقلابي ستسمح لنفسها أن تكون مفسفرة، وتحتوي على الغليكوسيل، ومؤستلة، وتصبح كلية الحضور:

The Bulletin, 'The Human Enigma Code', 21 Aug. 2001, p. 32.

ص 457 اشرب كأساً من النبيذ... وستغيّر مادياً عدد البروتينات وأنماطها بشكل كبير في نظامك»:

Sdentific American, 'Move Over, Human Genome', April 2002, pp. 44-5.

ص 458 «إن أي شيء يصح على e.Coli يجب أن يصح على الفيلة، عد كثير من هذا»:

Nature, 'From E. coli to Elephants', 2 May 2002, p. 22.

الفصل السابع والعشرون: الزمن الجليدي

ص 461 نشرت التايمز في لندن مقالة قصيرة:

Williams, Suwiving Galeras, p. 198.

ص 461 لم يأتِ الربيع ولم يأتِ الصيف بالدفء أبداً:

Officer and Page, Tales of the Earth, pp. 3-6.

ص 462 عالم طبيعة فرنسي يدعى دي لوك:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 90.

ص 463 عالم الطبيعة جان دي شاربنتييه روى القصة:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 90.

ص 464 أعار أجاسبيز ملاحظاته:

Hallam, Great Geological Controversies, pp. 92-3.

ص 464 لاحظ همبولت أن هناك ثلاث مراحل في الاكتشاف العلمي:

Ferris, The Whole Shebang, p.173.

ص 464 في بحثه لفهم دينامية التجلد ذهب إلى الأمكنة كلها:

McPhee, In Suspect Terrain, p.182.

ص 464 وليم هوبكنز، بروفسور في كمبريدج و قائد بارز للجمعية الجيولوجية:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 98.

ص 466 بدأ العثور على دليل عن المجلدات عملياً في الأمكنة كلها:

Hallam, Great Geological Controversies, p. 99.

ص 466 صار مقتنعاً في النهاية أن الجليد غطى الأرض كلها مرة:

Gould, Time’s A”ow, p. 115.

ص 466 حين وافته المنية في عام 1837 شعرت هارفارد أنه من الضروري تعيين ثلاثة أساتذة؛ كي يحلوا مكانه: McPhee, In Suspect Terrain, p. 197.

ص 467 أقل من عقد بعد وفاته: McPhee, In Suspect Te”ain, p. 197.

ص 467 في الأعوام العشرين اللاحقة، حتى حين يكون في عطلة:

Gribbin and Gribbin, Ice Age, p. 51.

ص 468 قرر كوبن أن سبب العصور الجليدية يعثر عليه في الأصياف الباردة، وليس في الشتاءات العنيفة: Chorlton, Ice Ages, p. 101.

ص 468 «ليست بالضرورة كمية الثلج هي التي تسبب أكسية الجليد، وإنما حقيقة أن الثلج، مهما كان قليلاً، يستمر»: Schultz, Ice Age Lost, p. 72.

ص 468 «العملية مضخمة للذات»:

McPhee, In Suspect Te”ain, p. 205.

ص 469 «ستعاني صعوبة كبيرة في العثور على عالم جيولوجيا أو عالم أرصاد جوية اعتبر النموذج أي شيء سوى فضول تاريخي»:

Gribbin and Gribbin, Ice Age, p. 60.

ص 469 الحقيقة هي أننا لا نزال في عصر جليدي:

Schultz, Ice Age Lost, p. 5.

ص 469 موقف يمكن أن يكون فريداً في تاريخ الأرض:

Gribbin and Gribbin, Fire on Earth, p. 147.

ص 469 يبدو أن لدينا على الأقل 17 حادثة جليدية حادة في الأعوام 2.5 مليون الأخيرة: Flannery, The Eternal Frontier,p. 148.

ص 470 يمكن توقع نحو خمسين حادثة جليدية أخرى:

Stevens, The Change in the Weather, p. 10.

ص 471 العصر الجليدي الضخم:

McGuire, A Guide to the End of the World, p. 69.

ص 472 يمكن أن يتجمد وجه الأرض كله:

Valley News (from Washington Post), 'The Snowball Theory', 19 June 2000, p. C1.

ص 473 الطقس الأكثر وحشية الذي سبق ومرت فيه:

BBC Horizon transcript, 'Snowball Earth', broadcast 22 Feb. 2001, p. 7.

ص 473 في حدث يعرفه العلم باسم يونجر دراياس:

Stevens, The Change in the Weather, p. 34.

ص 4734 «الشيء الأخير الذي سترغب في فعله هو القيام بتجربة كبيرة غير مشرف عليها»: New Yorker, 'Ice Memory', 7 Jan. 2002, p. 36.

ص 474 إن فكرة أن تدفئة قليلة ستعزز نسب التبخر:

Schultz, Ice Age Lost, p. 72.

ص 475 وليس أقل خداعاً السلاسل المعروفة لبعض الديناصورات المتأخرة:

Drury, Stepping Stones, p. 268.

ص 475 في أسترالية التي كانت في ذلك الوقت أكثر قطبية في توجّهها لم يكن الانسحاب إلى مناخات أكثر دفئاً ممكناً:

Thomas H. Rich, Patricia Vickers-Rich and Roland Gangloff, 'Polar Dinosaurs', manuscript, n.d.

ص 475 هناك كثير من الماء بالنسبة لهم؛ كي يعتمدوا عليه في هذا الوقت:

Schultz, Ice Age Lost, p. 159.

ص 476 إذا كان الأمر كذلك، فإن مستويات البحر سترتفع في العالم وبسرعة كبيرة ما بين 4.5 أمتار إلى 6 أمتار: Ball, H_2O, p. 75

476 «هل كان لديكم عصر جليدي جيد؟»:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 267.

الفصل الثامن والعشرون: ثنائي الأقدام الغامض

ص 477 تماماً قبل عيد الميلاد 1887:

National Geographic, May 1997, p. 87.

ص 477 عثر عليه عمال السكك الحديدية في كهف في جرف يدعى كرو ماجنون:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p.149.

ص 478 الوصف الرسمي الأول:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 173.

ص 478 وهكذا بدلاً من الاسم والجدارة من أجل اكتشاف البشر القدماء الأوائل ذهب إلى وادي نياندر في ألمانية:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, pp. 3-6.

ص 479 حين سمع بهذا قال (تي.إتش. هكسلي) في إنكلترة بجفاف:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 59.

ص 479 لم يقم بالحفر بنفسه، ولكنه استخدم بدلاً من ذلك 50 سجيناً أعارتهم له السلطات الهولندية: Gould, Eight Little Piggies, pp. 126-7.

ص 479 في الحقيقة يعتقد كثير من علماء الإناسة أنه حديث، ولا علاقة له بإنسان جاوة: Walker and Shipman, The Wisdom of the Bones, p. 39.

ص 479 إذا كان عظم إنسان منتصب فإنه لا يشبه أي عظم اكتُشف منذ ذلك الوقت:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 144.

ص 479 أنتج أيضاً وليس لديه سوى رقاقة من الجمجمة و سن واحد نموذجاً للجمجمة الكاملة التي برهنت أيضاً أنها صحيحة بشكل واضح:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 154.

ص 479 مما أثار اشمئزاز دوبوا، أنتج شوالبه دراسة:

Walker and Shipman, The Wisdom of the Bones, p. 42.

ص 480 استطاع دارت أن يرى على الفور أن جمجمة تونغ لم تكن للإنسان المنتصب:

Walker and Shipman, The Wisdom of the Bones, p. 74.

ص 480 كان يدفن جثثهم أحياناً في حديقته الخلفية من أجل الدراسة فيما بعد:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 233.

ص 481 أمضى دارت خمس سنوات يعمل على دراسة، ولكنه لم يعثر على أحد كي ينشرها له: Lewin, Bones of Contention, p. 82.

ص 481 طوال سنوات جلست الجمجمة كثقالة على مكتب زميل:

Walker and Shipman, The Wisdom of the Bones, p. 93.

ص 481 عثر على جزء واحد من الغرام من مادة مستحاثية، وعلى أساسها وحدها أعلن بشكل متألق اكتشاف Sinathropus pekinensis:

Swisher et al.,Java Man, p. 75.

ص 482 ثم اكتشف ما أرعبه وهو أنهم كانوا يحطمون القطع الكبيرة إلى صغيرة:

SWisher et al., Java Man, p. 77.

ص 482 إن شعب السولو عرف بشكل متنوع باسم Homo solensis وHomo primigenius asiaticus:

Swisher et al, Java Man, p. 211.

ص 482 في عام 1960 ف.كلارك هاول من جامعة شيكاغو، متبعاً اقتراحات إرنست ماير وآخرين في العقد الماضي:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, pp. 267-8.

ص 483 إن فهمنا كله لما قبل التاريخ البشري يستند إلى البقايا، التي هي في غالب الأحيان مبعثرة، ربما لخمسة آلاف فرد:

Washington Post, ‘Skull Raises Doubts about our Ancestry’, 22 March 2001.

ص 483 «يمكن أن تضعها كلها في صندوق بيك آب إن كان لا يهمك خلط الأشياء»:

interview with Ian Tattersall, American Museum of Natural History, New York, 6 May 2002.

ص 485 عليك أن تستنتج أن الأدوات اليدوية الأولى صنعها الظبي:

Walker and Shipman, The Wisdom of the Bones, p. 66.

ص 485 يظهرون إناثاً وذكوراً، يتطورون في نسب مختلفة وجهات مختلفة:

Walker and Shipman, The Wisdom of the Bones, p. 194.

ص 485 رفضها كأوراق «لسلة المهملات»:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 111.

ص 485 «من اللافت كيف في الغالب أن التأويلات الأولى للدليل الجديد أكدت أنهما كانا مكتشفيها:

quoted by Gribbin and Cherfas, The First Chimpanzee, p. 60.

ص 485 «ومن كل الأنظمة في العلم، إن الأنثروبولوجيا الإحاثية تتباهى، ربما بالحصة الأكبر من الأنانيات»:

Swisher et al., Java Man, p. 17.

ص 486 في 99.99999% الأولى من تاريخنا كمتعضيات،كما في خط الأسلاف نفسه كالشمبانزي: Tattersall, The Human Odyssey, p. 60.

486 «إنها سلفنا الأول، الحلقة المفقودة بين القرد والإنسان»:

PBS Nova, 'In Search of Human Origins', first broadcast Aug. 1999.

ص 487 أجاب جونسون بمرح أنه لم يحسب 106 عظام من اليدين والقدمين:

Walker and Shipman, The Wisdom of the Bones, p. 147.

ص 489 «إن لوسي ونوعها لم يسيرا بأي طريقة مثل الطريقة البشرية الحديثة»:

Tattersall, The Monkey in the Mirror, p. 88.

ص 489 «فقط حين كان على هؤلاء البشر أن يسافروا بين المساكن الشجرية وجدوا أنفسهم يسيرون على قدمين»:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 91.

ص 489 «إن ردفي لوسي والترتيب العضلي لحوضها»، كتب:

National Geographic, 'Face-to-Face with Lucy's Family', March 1996, p. 114.

ص 489 في صيف 2002 عثر فريق فرنسي يعمل في صحراء دجوراب في تشاد على إنسان عمره تقريباً سبعة ملايين عام:

Sdentijic American, 'An Ancestor to Call our Own', Jan. 2003, pp. 54-63.

ص 489 يعتقد بعض النقاد أنها لم تكن إنساناً، بل قرداً:

Nature, 'Face to Face with our Past', 19-26 Dec. 2002, p. 735.

صـ 490 حين تكون إنساناً قـرداً australopithecine صغيراً ومعرضاً للخطر بدماغ بحجم برتقالة، فلا بد أن تكون المجازفة أكبر:

Stevens, The Change in the Weather, p. 3; Drury, Stepping Stones, pp. 335-6.

ص 490 «ولكن تركتهم الغابات»:

Gribbin and Gribbin, Being Human, p. 135.

صـ 491 لأكثر مـن ثلاثة ملايين عام، نـادراً ما تغيرت لوسـي وزملاؤها من القردة الشبيهين بالبشر:

PBS Nova, 'In Search of Human Origins', first broadcast Aug. 1999.

ص 491 حجم دماغ مطلق: Gould, Ever since Darnlin, pp. 181-3.

صـ مع ذلك لم يستفد الإنسان القـرد أبداً من هذه التكنولوجيا المفيدة التي كانت في كل مكان حولهم: Drury, Stepping Stones, p. 338.

ص 491 «ربما أكلناهم كما قال مات ريدلي»: Ridley, Genome, p. 33.

ص 492 «يشكلون فقط 2% من كتلة الجسد، ولكنها تلتهم 20% من طاقتها:

Drury, Stepping Stones, p. 345.

ص 492 «إن الجسد في خطر مستمر من أن يستنفده الدماغ الجشع»:

Brown, The Energy of Life, p. 216.

ص 492 سي. لورين بريس تمسك بعناد بالمفهوم الخطي:

Gould, Leonardo's Mountain of Clams and the Diet of Worms, p. 204.

ص 493 إن الإنسان المنتصب هو الخط الفاصل:

Swisher et aI.,Java Man, p. 131.

ص 494 كانت لفتى عمره بين التاسعة والثانية عشرة مات منذ 1.54 مليون سنة:

National Geographic, May 1997, p. 90.

ص 494 كان فتى توركانا واحداً منا بشكل مؤكد:

Tattersall, The Monkey in the Mi”or, p. 132.

ص 494 شخص ما اعتنى بها:

Walker and Shipman, The Wisdom of the Bones, p. 165.

ص 494 كانوا مغامرين بشكل غير مسبوق، وانتشروا عبر العالم فيما بدا كأنه سرعة هائلة:

Scientific American, ‘Food for Thought’, Dec. 2002, pp. 108-15.

الفصل التاسع والعشرون: القرد الذي لا يهدأ

ص 497 «جعلوها في الآلاف»:

interview with Ian Tattersall, American Museum of Natural History, New York, 6 May 2002.

ص 499 «يمكن أن يكون البشر قد وصلوا بنحو جوهري أول مرة قبل 60,000 سنة»:

Proceedings of the National Academy of Sdences, 16 Jan. 2001.

ص 499 «هناك كثير الذي لا نعرفه عن تحركات البشر قبل التاريخ المدوّن»:

interview with Alan Thome, Canberra, 20 Aug. 2001.

ص 501 «إن الحدث الرئيس الأخير في التطور الإنساني ظهور نوعنا، وربما هو الأكثر غموضاً من كل شيء»:

Tattersall, The Human Odyssey, p. 150.

ص 501 «سواء كلها أم أي منها مثل بالفعل نوعنا لا يزال ينتظر التوضيح المحدد»:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 226.

ص 501 «غريب، وصعب التصنيف، وغير معروف جيداً»:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 412.

ص 501 لم يُعثر على أي بقايا نيادرتالية في شمال إفريقية بالرغم من أن أطقم أدواتهم كانت في أنحاء المكان جميعها:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 209.

ص 502 معروف لعلم المناخ القديم باسم فاصل بوتييه Boutellier:

Fagan, The Great journey, p. 105.

ص 502 لقد عاشوا على الأقل مئة ألف عام، وربما أكثر من هذا بمرتين:

Tattersall and Schwartz, Extinct Humans, p. 204.

ص 502 بينما كانوا يقومون بعمل ميداني في الصحراء:

Trinkaus and Shipman, The Neandertals, p. 300.

ص 503 لا يزال يعتقد بنحو مشترك أن النياندرتاليين كانوا يفتقرون إلى الذكاء أو النسيج؛ كي يضاهوا الوافدين القاريين الجدد الرشيقين والأذكياء، الإنسان العاقل:

Nature, 'Those Elusive Neanderthals', 25 Oct. 2001, p. 791.

503 «تغلب البشر الحديثون على هذه الميزة... بلباس أفضل، ونيران أفضل ومأوى أفضل»: Stevens, The Change in the Weather, p. 30.

ص 503 1.8 لتر للنيادرتاليين إزاء 1.4 لتر للبشر الحديثين:

Flannery, The Future Eaters, p. 301.

ص 504 «عاش الإنسان الروديسي إلى ما قبل 25,000 سنة ويمكن أن يكون سلف الزنوج الأفارقة»: Canby, The Epic of Man, page unnoted.

ص 505 «ليس لك الطرف الأمامي الذي يبدو كالحمار والطرف الخلفي الذي يبدو كالحصان»:

Sdence, 'What -or Who -Did In the Neandertals?', 14 Sept. 2001, p. 1981.

ص 506 «إن البشر الحاليين جميعاً انحدروا من أولئك السكان»:

Swisher et al.,Java Man, p. 189.

ص 506 ولكن عندئذ بدأ الناس بتفحّص المعطيات بدقة أكبر:

Sdentifi'c American, 'Is Out of Africa Going Out the Door?', August 1999.

ص 506 في عام 1997 نجح علماء من جامعة ميونخ في استخراج وتحليل بعض الـ(DNA) من عظم ذراع إنسان نياندرتالي أصلي:

Proceedings oj the National Academy oj Sdences, 'Ancient DNA and the Origin of Modem Humans', 16 Jan. 2001.

ص 507 اقترح أن البشر الحديثين جميعاً بزغوا من إفريقية في الأعوام المئة ألف السابقة، وجاؤوا من سلالة لا تزيد عن عشرة آلاف شخص:

Nature, 'A Start for Population Genomics', 7 Dec. 2000, p. 65; Natural History, 'What's New in Prehistory', May 2000, pp. 90-1.

ص 507 «هناك المزيد من التنوع في مجموعة اجتماعية من خمسين شمبانزي أكثر مما يوجد في السكان البشريين برمتهم»:

Science, ‘A Glimpse of Humans’ First Journey out of Africa’, 12 May 2000, p. 950.

ص 507 في أوائل 2001، أفاد ثورن وزملاؤه في الجامعة الأسترالية القومية أنهم استخرجوا الـ(DNA) من أقدم عيّنات المونغو:

Proceedings of the National Academy of Sciences, ‘Mitochondrial DNA sequences in Ancient Australians: Implications for Modern Human Origins’, 16Jan. 2001.

ص 508 «بالمجمل... إن السجل الوراثي يدعم فرضية الخروج من إفريقية»:

interview with Rosalind Harding, Institute of Biological Anthropology, Oxford, 28 Feb. 2002.

ص 510 نبه كيف أن عالم إحاثة سأله زميل إن كان يعتقد أن الجمجمة القديمة مطلية أم لا، لعقها وأعلن أنها كذلك: Nature, 27 Sept. 2001, p. 359.

ص 511 حين عرف اهتمامي بالأصول البشرية من أجل هذا الكتاب، أدخل في البرنامج زيارة إلى أولورجيسيلي:

Just for the record, the name is also commonly spelled Olorgasailie, including in some official Kenyan materials. It

was this spelling that I used in a small book I wrote for CARE concerning the visit. I am now informed by Ian

Tattersall that the correct spelling is with a median ‘e’.

الفصل الثلاثون: وداعاً

ص 514 «رحالة غير علميين، ثلاث أو أربع لوحات زيتية وبعض قطع العظام المبعثرة»:

quoted in Gould, Leonardo’s Mountain of Clams and the Diet of Worms, p. 237.

ص 515 فقدت أسترالية ما لا يقل عن 95%:

Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. xv.

ص 515 «لا يوجد فائدة مادية في صيد الحيوانات الخطرة لا يوجد إلا بعض قطع الماموث التي تستطيع أكلها»: نيو ساينتيست:

New Scientist, 'Mammoth Mystery', 5 May 2001, p. 34.

ص 515 فقط أربعة أنماط من الحيوانات البرية الضخمة جداً:

Flannery, The Eternal Frontier, p. 195.

ص 516 إن الانقراض الذي يسببه البشر يتسارع على مستوى أعلى من 120,000 مرة: Leakey and Lewin, The Sixth Extinction, p.241.

ص 517 انطلق على الفور إلى الجزيرة، ولكن في الوقت الذي وصل فيه إلى هناك كانت القطة قد قتلت الطيور كلها:

Flannery, The Future Eaters, pp. 62-3.

ص 518 «لدى كل طلقة متعاقبة»:

quoted in Matthiessen, Wildlife in America, pp. 114-15.

ص 518 فقدته حديقة الحيوانات:

Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. 125.

ص 519 هيو كمنغ، الذي صار منشغلاً بجمع الأشياء، بحيث بنى سفينة ضخمة لارتياد المحيط، ووظف طاقماً للإبحار حول العالم لإحضار كل ما يصادفونه:

Desmond and Moore, Darnlin, p. 342.

519 ملايين الأعوام من العزلة سمحت لهاواي:

Hawaii's Vanishing Species', Sept. 1995, pp. 2-37.

519 طائر البرقش الأكبر، وهو عضو حميد من عائلة الهونكريبر:

Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. 84.

ص 519 طائر نادر جداً لم يُرَ إلا واحد منه:

Flannery and Schouten, A Gap in Nature, p. 76.

ص 520 في أوائل التسعينيات رفع الرقم إلى ست مئة في الأسبوع:

Easterbrook, A Moment on the Earth, p. 558.

ص 520 «تقريباً بالتأكيد سوء تقدير»:

Washington Post, in Valley News, 27 Nov. 1995, 'Report Finds Growing Biodiversity Threat'.

ص 520 «كوكب واحد، تجربة واحدة»:

Wilson, Diversity of Life, p. 182.

